北海道農業試験場彙報

第 70 號

昭 和 31 年 2 月

RESEARCH BULLETIN

OF THE

HOKKAIDO NATIONAL AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

No. 70

February, 1956

Published by

The Hokkaido National Agricultural Experiment Station

Kotoni, Sapporo, Japan

北 海 道 農 業 試 驗 場

札 幌 市 琴 似 町

目　　次

CONTENTS

新設の温濕度調節ガラス室について

A NOTE ON THE EQUIPMENTS OF A "PHYTOTRON" RECENTLY BUILT AT THE HOKKAIDO NATIONAL AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

島　崎　佳　郎*

By Yoshiro SHIMAZAKI

温度，湿度，照明等の諸条件を人工的にしかも任意に創り出すことは生物学，農学の分野では極めて重要な問題であり，古くよりこの施設への試みがなされてきた。最近技術の進歩に伴い，急速に種々の工夫がなされ，アメリカの California 大学に相当満足すべき施設ができ上り，これが紹介されるに及んで全世界の関心がこれに集り，生物と種々の気象要素との関係についての研究が，重要な一つの流れをなして来た。わが国に於ても1953年頃より小規模ではあるが全国各所に建設されつつあり，これを利用しての研究も次第に発展する段階に至つている。このように生物学，農学の分野では人工的に諸気象要素を作り出しうる施設はあたかも Cycrotron が現在の原子物理学にとつては不可欠の施設であると同様なので，物理学に於ける Cycrotron に比敵さるべく，この施設に"phytotron"という名を与えている。

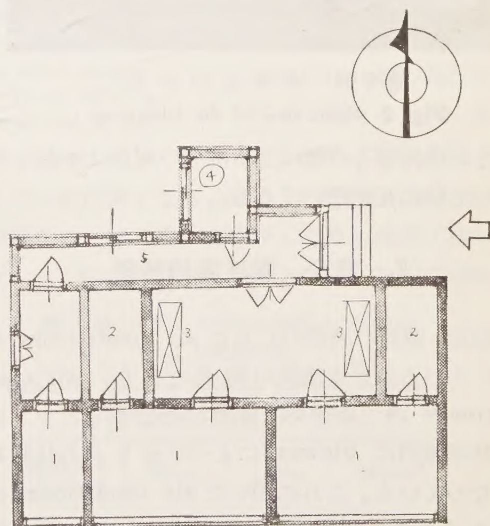
北海道農業試験場には作物の冷害研究の立場から，昭和28年に設置が認められ，昭和29年8月にでき上り，昭和30年春より本格的にこれを用いての諸研究が実施されているので，ここにこの施設の建設に参画した一人としてその概要を報告して大方の参考に資したいと思う。

本施設の建物の設計及び工事については主として北海道農業試験場嶋田勝之助事務官が当り，温度，湿度調節に関する機械の輸入及び工事は小糸商事株式会社が担当した。

なおこの施設の設置，特に機械類の輸入については農林省農業改良局研究管理課長今井富蔵技官を初め，当場の上司の努力に負うところが極めて大きい。又国立遺伝学研究所員松村清二博士及び農林省農業技術研究所猪瀬誠維技官には設計当初より種々と御指導を戴いた。

1. 建築物について

本施設は真南に面して建てられ，総坪数は平屋20.4坪で，約4坪のガラス室2室，それに附属した1.5坪の暗室2室，予備の1.5坪の小ガラス室，1坪の準備室，5.5坪の機械室，約1坪のポン



第1図　平　面　図

(1) ガラス室　(2) 暗室　(3) air-conditioner
(4) 給水用ポンプ　(5) 廊下

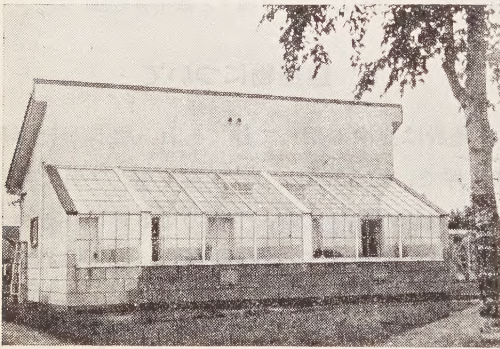
Fig. 1 Grand-plan of the phytotron built at the Hokkaido National Agricultural Experiment Station.

(1) green house　(2) dark room　(3) air-conditioning machine　(4) pump for suplying water.　(5) corridor

* 作物部作物第1研究室

プ室及び廊下から成つていて，そのうちガラス室2室及び暗室2室のみが温度，湿度の調整が可能になつている。この実験室の平面図を第1図に示した。

建築は廊下及びポンプ室の部分を除きブロツク建築とした。ガラス室は断熱，保温のために屋根及び前面のみをガラスにし，両側は各室共にブロツク壁とした。ガラス屋根は片屋根とし，その傾斜は約32°になつている。屋根の上部の接合部には夏に水を掛流しできるように一定間隔に穴をあけた$\frac{1}{2}$吋のパイプをつけてある。又第2図でわかるようにこの接続部は冬季間の氷雪によるガラスの破損を防ぐために真直ぐに立てた。



第2図 実験室の前景
Fig. 2 Front view of the laboratory.

なお機械室その他に当る部分の屋根は断熱を考慮して特に瓦を用いてある。

2. 温度，湿度調節装置

温度，湿度の調整のために air conditioner を用いているのが本施設の特長であり，air conditioner 内で冷却又は加熱した空気をガラス室及び暗室内に blower によつて送り込む仕組みになつている。これに用いた air conditioner はクライスラー会社製の Packaged Air Conditioner, Airtemp で1時間当り8トンの製氷能力を有する1008型である。この Airtemp は水冷式であり能率は極めて高く，冷媒には特に冷却効率の高い Freon-22を用いている。ガラス室内にある thermostadt の働きにより一定温度になると Airtemp は自動的に作動するようになつている。

夏季の冷却期間には屋根に水を掛け流し，太陽熱を出来うる限り吸収させている。この水は戸外に設置した Weatherstadt の働きによつて一定温度に達すると掛流されるようになつている。屋根の水の掛流しによつては室内の温度は1～3°C程度より低下しないが，Airtemp の負担を出来るだけ減少させるために用いている。

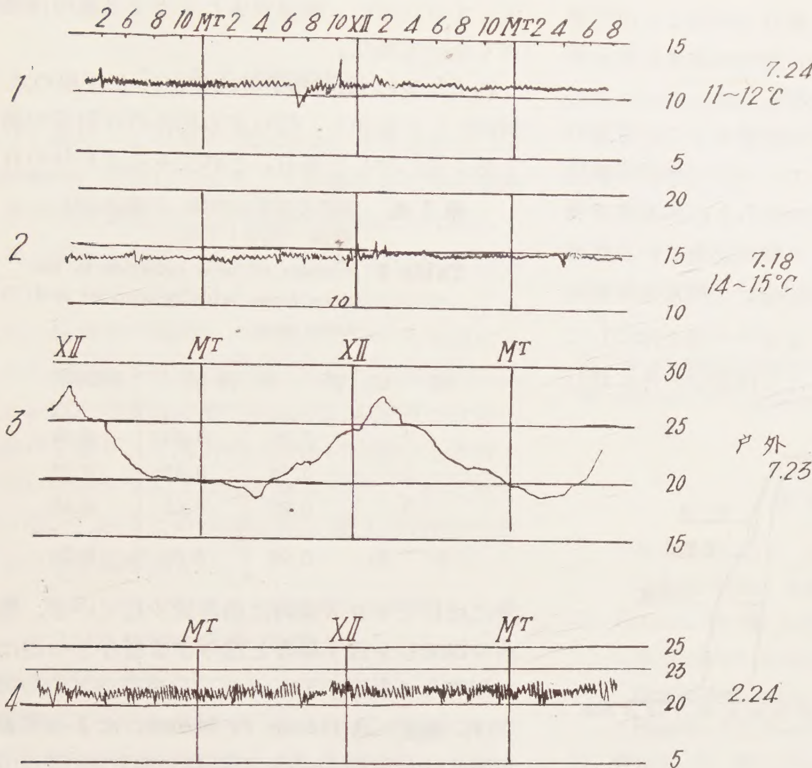
更にこの他にガラス室には各1個の damper があり，一定温度に達すると室内の thermostadt に結びついた motor が自動的に作動して，この damper が開閉する。しかもこれと同時に外部に通じているもう1個の damper が開閉するので，ガラス室内の空気は戸外に出，又戸外からは新鮮な空気が同時に入り込むようになる。この装置を有効に使用するときは，従来の室内の空気のみの冷却又は加熱する施設に比して新鮮外気との交換をなしうるので，極めて有意義なものと考えられる。

戸外気温の低い冬季間に一定温度を維持する場合の加熱は，Airtemp 内に装置した電気 heater を用いる。札幌では冬季 −10°C になることが屢々あるので，室内を20°C に常に維持する場合を考慮して各 Airtemp に15kw の heater を装置した。

湿度はガラス室内に設置した humiditistadt によつて自動的に Airtemp 内に噴霧させ，欲する水分を含んだ空気を送り込むことによつて維持される。これら温度，湿度の調整に用いた thermostadt 及び humiditistadt は全てアメリカ合衆国 Mineapolis 市の Haniwell 会社製のものである。

以上で諸装置の概要を述べたが，実際に運転した結果2，3の資料が得られたので次に記してみよう。

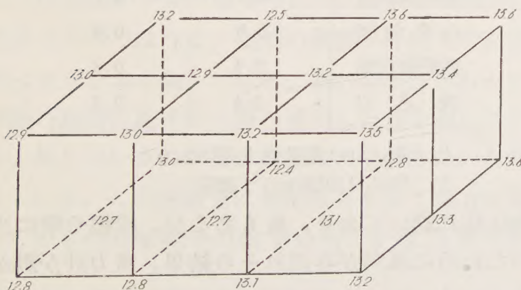
(1) 温度　空気はガラス室上方の右（又は左）側の壁から吹き込まれ，下方中央部の壁から吸取られるが，室内の温度は冷却する場合はおおよそ±1～1.5°C の幅で維持しうる。加温の場合は heater 断絶後も余熱があるのでこの幅は多少大きくなる。ガラス室の温度の状態の1例を第3図に示す。又約4坪のガラス室内全部を同一温度に



第3図　ガラス室内の温度の日変化
1. 11～12°Cに調整した場合　2. 14～15°Cに調整した場合
3. 戸外　4. 冬季電熱器による加熱の場合（20°Cに調整した）

Fig. 3 Daily fluctuation of temperature in a green house which are air-conditioned. Temperature are maintained about (1) 11—12°C in summer (2) 14—15°C in summer (4) 20°C in winter and (3) out of door in summer.

保つことが最も望ましいが，仲々困難である。この調整は吹出し口に附属している風向調節板を調節することによりおおよそ，その目的は達せられる。ただ両側の壁ぎわ及び吹出口の直下の場所は幾分高い温度になる。植物を置いた場合の高さを考慮して床面より約50 cm，1mの高さの室内の温度分布を示したのが第4図である。又高さによる温度の差を第1表に示した。これでも明らかな如くその温度差はあまり大きくない。



第4図　ガラス室内の温度分布
（12°Cに調整した場合）

Fig. 4 Vartiation of temperature in a green house.

（2）湿度　この種の air conditioner を用いて極めて有利な点は湿度をも一定に保持しうることであるが，ある程度の大きな面積を長時間に亘り，しかも任意の温度条件下で一定の湿度を維持するのは極めて困難で，多くの従来の諸施設も未だ充分な効果を発揮していない。本施設についてみると比較的高温度下では種々の湿度に変えうるが，温度が低下するにつれ困難となる。即ち14～12°C に保つ時は加湿をつづけても60%内外より高い湿度は得られない。これは室温を低く保つためには Airtemp

第1表　ガラス室内の床面よりの高さによる温度の差

Table 1 Relation between the temperature and height from the floor.

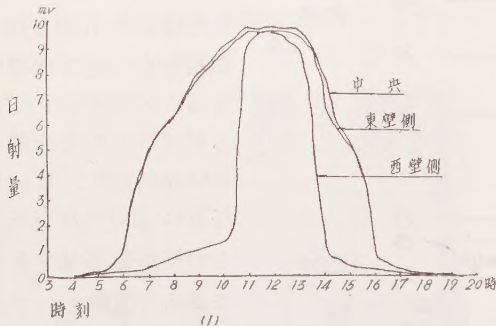
床面よりの高さ	46cm	100cm	240cm*
温度	°C 18.2	°C 19.0	°C 19.0

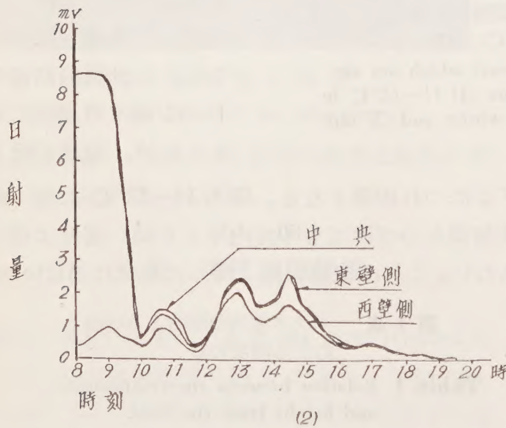
* 屋根より55cmの距離

内の冷却管上の温度は著しく低下し，それ以前に空気中に充分水分を保たしめても，この個所で除湿され，水分を失った空気が室内に送り込まれることになるからである。低温高湿の状態を作り出

すためには，この方法では充分ではなく，冷却後再び加熱し蒸気として水分を空気に含ましめる如き方法をとらねばならないだろう。

(3) 日射量　この実験室の屋根ガラスは普通のいわゆる温室ガラスを用いているので透過光線の波長は従来のものと変らないだろう。又ガラス室の両側は前述の如くブロック壁で出来ているために，朝及び夕刻にはその影が生じて正常な日射をうける部分が少なくなる。又ガラス室全体にしても壁のために直射日光をうける時間が戸外に比して短い。この関係は第5図に明かにした。これはこの建物が出来て間もなくの 1954 年 6 月に測定した結果である。使用後 1 年にして屋根は水を掛流しするために，緑藻が生じ又ガラス面の汚染が多くなつて来た。





第5図　ガラス室内の日射量の変化（屋根水を掛流しせず）(1) 晴天，(2) 曇

Fig. 5 Daily fluctuation of the amount of solar radiation in the green house without roof water spray.
(1) clear day (2) cloudy day.

約1年後の 1955 年 7 月に測定した屋根の水の掛流しした場合と，然らざる場合の日射量の関係を第 2 表に示してある。これでみると戸外の日射量に比してガラス室内は相当減少している。然し水の掛流しを行う場合と然らざる場合との差はこれ程著しくない。

第 2 表　屋根より水を掛流した場合の日射量（使用 1 年後）

Table 2 Amount of solar radiation in the green house with or without roof water spray.

測定	戸外	掛流し	非掛流し
	Cal	Cal	Cal
1	0.96	0.68	0.68
2	0.93	0.63	0.72
3	0.92	0.62	0.68
平均	0.94	0.62	0.70

(4) 風速　Airtemp の blower によつてガラス室には毎秒約 4～5m の風速で空気が送られる。然しながらこの空気は屋根及び壁に当り，その風速は次第に弱つて来る。この関係を第 3 表に示してある。このガラス室内では風速計に現われず，風が全くないような個所があつたが，実際には植物は揺れ動いており，風もあるが，屋根や壁に当つたために風向がみだれその結果，風力計が動かないためである。ガラス室内に植物を入れると常に揺れ動いているが，植物体がある床面からの高さでは風速は相当弱つており，生育には何ら異常

第 3 表　ガラス室内の風速

Table 3 Relation between the velocity of wind and the localities in the green house.

個所 ＼ 床面よりの高さ	150cm	60cm
	m/sec 2)	m/sec
吹込口 1)	4.7	0.7
東壁側前面	0.7	0.7
中央前面	0.8	0.8
西壁側前面	2.4	0.8
吸込口	2.4	2.2

1) 吹込口は東壁側上方にあり
2) 吹込口の個所にて測定

認められない。

3, その他の施設

(1) 給水　この型の Airtemp は水冷式の compressor を有しており，又屋根からの水の掛流し及び湿度調整のための噴霧のために水は極めて大きな役割を演じている。しかも Airtemp 冷却用には1台につき毎分8ガロンの水を必要とするので，屋根水の掛流し，噴霧用の分をも考慮に入れると夏の最も旺んに作動する時には毎分20～25ガロン以上の水が必要であろう。本施設では新たに井戸を掘り，5馬力の motor の付いた2段タービンのポンプにより水を汲み上げ，これに当てている。しかもこの水温は常に12°C 内外のためにその冷却効率はよい。

(2) 暗室　夫々のガラス室に暗室が附属しており，この室は独立に温度の調整がなしうる。この調整は空気の吹出口に取り付けた前述の damper の開閉によつてなされている。又この暗室には植物が生育できる程度の明るさを出しうる人工照明の装置を設ける予定であるが，未だ予算の都合その他により出来ていない。最近の斯界の進歩は未だ充分なものとは云えないが，slimline lamp 等の利用によりある程度の成果が挙りつつある。近い将来にこの暗室にも Slimline lamp その他による照明装置を付する予定である。

む す び

以上で現在までに施設された種々の装置についてその機能などの概略をのべた。この種の施設としては比較的早期の建築のために計画，技術共に充分なものではなく，温度の調整の外はまだ改良すべき点を多く残している。然し従来作られたこの種の施設に比すと一段の進歩した点を有している。足りない点は今後改良を加えて行きたいと考えている。この実験室は加熱等をも全て電力を用いているので運転中の経費は殆どが電力費である。この実験室にはこれの使用を測定するメーターがないので正確な消費量が明らかではないが，運転の状態からみて年間50万円以上を要するようである。全てを電力に依ることも一考を要する点であろう。

最後に現在までに要した施設費用をあげて参考に供しよう。

(1) 建物（井戸，ポンプ及び室内照明用電気工事も含む）	2,348,000円
(2) 温湿度調整用機械及び工事	4,585,000円
(3) 高圧線工事（含変圧器(50kw)）	248,000円
計	**7,181,000円**

参 考 文 献

1) 小熊　捍(1954)：生物の形質決定に関する遺伝対環境の研究．学術月報，6：40～46.

2) Parker, M. W. and H. A. Borthwick (1950): A modified circuit for slim line fluorescent lamps for plant growth chambers. Plant Physiol., 25: 86～91.

3) Went, F. W. (1943): Plant growth under controlled conditions. I. The air-conditioned greenhouses at the California Institute of Technology. Amer. Jour. Bot., 30: 157～163.

4) ———— (1950): The Earhart Plant Research Laboratory. Chronica Botanica, 12, no. 3: 89～108.

Résumé

A "phytotron," a laboratory in which the atmospheric factors affecting the growth of crops can be artificially controlled, was recently built at the Hokkaido National Agricultural Experiment Station.

In this paper the main features of this laboratory and some observations upon the items of equipment as they are in operation are described.

大豆種子の熟度と發芽能力との關係

尾崎　薫*　斎藤正隆*　新田一彦*

STUDIES ON THE SEED DEVELOPMENT AND GERMINATION OF SOYBEAN PLANTS AT VARIOUS RIPENING STAGES

By Kaoru OZAKI, Masataka SAITO and Kazuhiko NITTA

Ⅰ 緒　　言

作物の授精後の種子の発育と，発芽能力の関係について，米麦ではかなり多くの研究が行われ，[1,2,5,7,8,9,10] 授精後６～10日で発芽能力を生ずると報告されている。大豆については，[4] 種子の発育過程に関する詳細な観察がなされているが，その発芽能力については研究が行われていない。

北海道においては，大豆は水稲と同様，高温を要する代表的作物であるが，夏季の低温によつて生育が遅れ，更に未熟のうちに霜害を被つて，収量及び品質が低下し，種子としての発芽能力をも憂慮される場合が屢々あるが，種子の登熟程度と発芽能力との関係，及び登熟期間中の霜害が種子の発芽能力に及ぼす影響については，過去２回の冷害年における報告[3,6]のみである。

そこで筆者等は 1953 年，1954 年共に冷害年であつた機会をとらえて，上述の関係を明らかにし更に，未熟のうちに収穫を余儀なくされた場合，その種子の発芽能力と，取扱方法との関係を知る目的で本試験を行つた。

Ⅱ 供試材料及び方法

供試材料は圃場に普通に栽培された「十勝長葉」の開花斉一な個体を，第１表に示すように開花始から完熟期まで５日毎に材料をとり，第２表の如き処理を行つて，熟度と処理方法が種子の発育，発芽能力及び成分含量に及ぼす影響を調査した。なお 1954 年には，ポツトに生育中のものに低温処理を行つた。

第１表　供試材料収穫期日

Table 1　Dates of sampling.

年次	開花期*	開花後日数 35日	40日	45日	50日	55日	60日	65日	70日	75日	80日
	月　日					月　日					
1953	8．3	—	—	9．17	9．22	9．27	10．2	10．7	10．12	10．17	10．22
1954	8．9	9．13	9．18	9．23	9．28	10．3	10．8	10．13	10．18	10．23	10．28
1954 一般生育状況		粒肥大の中期	粒肥大最盛期	粒の最大期	粒の肥大完了	葉僅かに黄色	葉はほぼ黄変	半ば落葉莢黄色を帯ぶ	落葉完了莢半ば褐色	茎は褐色莢に黄色残る	莢も褐色

* 1947～1952年の平均開花期は７月28日であるが1953，1954年ともに気候冷涼のため，平年に比して開花期成熟期はかなり遅れたが，登熟日数には，それほど大きな差は見られなかつた。

第２表　処　理　方　法

Table 2　Methods of treatment.

処理記号	処　理　方　法
A	収穫直後に脱粒して未乾燥
B	〃　室内乾燥
C*	〃　乾燥器乾燥
D**	草本を抜取つて追熟10日間
E**	〃　20日間
F***	草本を抜取つて低温処理し追熟20日
G†	ポツトの材料を低温処理し追熟20日

* 作物部作物第３研究室

* 45°C 5日間乾燥
** 戸外の乾架で追熟させた。
*** 1953年は−9°C 2時間，1954年は−7°C 15分間。
−7°C 15分間の処理によつて葉は完全に凍死し，茎，莢も僅かに凍害をうけ，自然の霜害に近い状態と考えられた。
† 戸外で生育させた材料を，ポットのまま低温処理して，充分追熟させた後，抜取つて調査を行つた。

Ⅲ 試験結果

1. 種子の發育

開花後35日目より80日目までの種子の発育は，第3表及び第1図A，Bのとおりであるが，種子の長さ，巾，厚さ及び生重は開花後50日目に最大の値を示し，その後漸減する。乾燥重量は65～70日目まで増加し，その後変化せず，水分含量は開花後日数が進むにつれて次第に減少し，70日目から急激に減ずる。

2. 種子の熟度及び收穫後の處理と種子の諸形質との關係

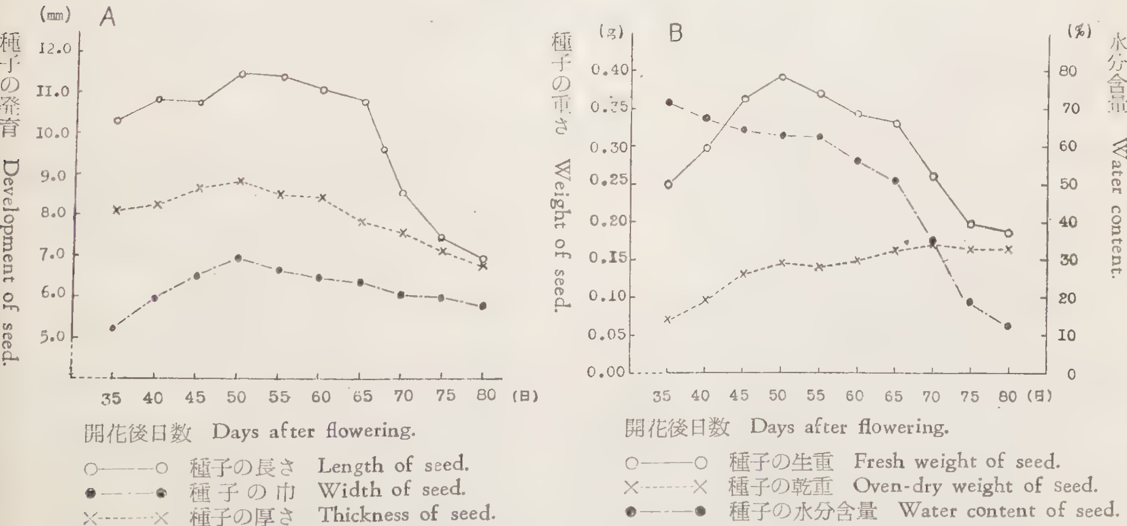
a) 種子の100粒重 種子の熟度と，収穫後の処理が風乾種子の100粒重に及ぼす影響は第4，5表及び第2図に示すように，開花後60日目以後では，どの処理でも差は見られないが，開花55日目以前では，追熟させたD，Eは収穫直後に脱粒したB，Cに比してその100粒重が大きい。なお草本を抜取つて充分追熟させた場合の種子収量を比較すると，開花後50日を過ぎると，完熟期の収量と有意な差は認められない。

b) 種子の長さ 充分に風乾させた後，種子の長さを測定した結果は第6表のとおりであるが，脱粒して室内で乾燥させた場合は，草本のまま追熟させた場合に比べて，種子の長さは甚だしく大きい。これは水分の多い種子が室内で乾燥された場

第3表 熟度と種子の発育 (1954)
Table 3 Development of seeds at various ripening-stages.

項目	開花後日数(日) 35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
種子の長さ (mm)	10.32	10.87	10.73	11.56	11.48	11.20	10.89	8.62	7.51	6.94
種子の巾 (mm)	8.09	8.23	8.68	8.85	8.58	8.40	7.85	7.58	7.16	6.80
種子の厚さ (mm)	5.32	5.95	6.35	6.96	6.69	6.51	6.39	6.05	6.01	5.83
1粒生重 (g)	0.249	0.297	0.362	0.391	0.368	0.342	0.331	0.261	0.199	0.187
1粒乾重* (g)	0.070	0.097	0.128	0.145	0.139	0.148	0.162	0.170	0.162	0.165
水分含量**(%)	71.9	67.3	64.6	62.9	62.7	56.7	51.1	34.8	19.0	13.3

* 45°C で5日間乾燥　** 水分含量$=\frac{\text{生重}-\text{乾重}}{\text{生重}}\times 100$



第1図 熟度と種子の発育 (1954)
Fig. 1 Development of seeds at various ripening-stages. (1954)

合皺のある偏平な粒を生ずるためである。

第 4 表　熟度の異なる種子の後処理が100粒重に及ぼす影響　(1954)

Table 4　Air dried 100 seed weight of various ripening-stages subjected to several treatments.　(1954)

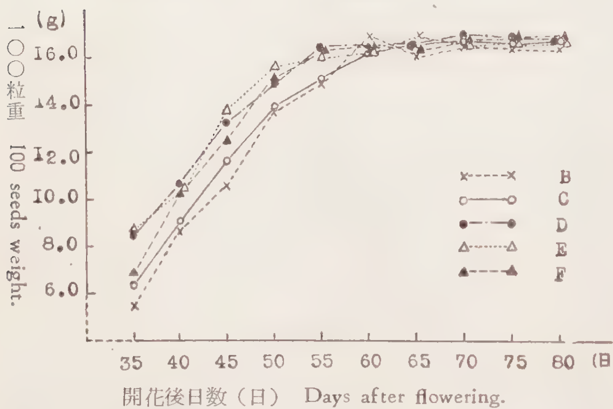
処　　理	開花後日数 (日) 35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
B	g 5.48	g 8.66	g 10.59	g 13.76	g 14.99	g 16.85	g 16.00	g 16.45	g 16.28	g 16.28
C	6.40	9.12	11.70	13.86	15.04	16.19	16.53	16.62	16.50	16.73
D	8.45	10.70	13.33	15.00	16.55	16.59	16.54	16.89	16.68	16.68
E	8.67	10.49	13.91	15.65	16.12	16.27	16.59	16.54	16.54	16.55
F	6.90	10.25	12.56	15.13	16.37	16.52	16.30	16.75	16.96	16.68

第 5 表　異なる収穫時期における種子収量　(1954)

Table 5　Seed yield at different dates of harvest.　(1954)

項　　目	開花後日数 (日) 35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
1 個体当粒重 (g)	3.74	5.24	6.74	8.14	8.48	9.52	8.62	8.88	8.52	8.96
完熟期との差 (g)	−5.22*	−3.72**	−2.22**	−0.82	−0.48	0.56	−0.34	−0.08	−0.44	0

最少有意差　* 5%　1.24g　** 1%　1.67g



第 2 図　熟度の異なる種子の後処理が100粒重に及ぼす影響　(1954)

Fig. 2　Air dried 100 seed weight of various ripening-stages subjected to several treatments.　(1954)

第 6 表　熟度の異なる種子の後処理が粒の長さに及ぼす影響　(1954)

Table 6　Length of dried seed of various ripening-stages subjected to several treatments.　(1954)

処　理	開花後日数 (日) 35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
B	mm 7.25	mm 7.62	mm 8.21	mm 6.94	mm 6.92	mm 6.96	mm 6.96	mm 7.10	mm 7.14	mm 7.01
C	5.42	6.67	7.21	7.19	7.38	7.22	7.17	7.19	6.97	6.90
D	5.95	6.17	6.82	6.77	6.87	6.83	6.88	6.90	6.97	6.91
E	5.94	6.18	6.41	6.82	6.86	6.92	6.96	6.92	7.03	7.03
F	5.58	6.12	6.51	6.71	6.90	6.80	6.91	7.02	6.99	7.00

c）**種子の巾**　種子の巾も長さと同様の傾向が見られ，収穫後直ちに脱粒したBでは45日目まで，他処理に比べて大きく，偏平な粒形を呈する。

d）**種子の厚さ**　種子の熟度及び収穫後の処理と，種子の厚さとの関係について見ると，第8表のように，収穫脱粒直後に室内乾燥及び乾燥器乾燥を行つた場合は，開花後60日までは草本のまま追熟させたD，Eに比べてはるかに劣る。低温処理をしたときも，開花後40日目まではD，Eに及ばない。

e）**種子の厚さと長さの比**　種子の厚さと長さとの割合は品種固有の特性であり，完熟期において収穫されたとき，「十勝長葉」で

第 7 表　熟度の異なる種子の後処理が粒の巾に及ぼす影響　(1954)

Table 7　Width of dried seeds of various ripening-stages subjected to several treatments.　(1954)

処　理	開花後日数 (日) 35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
B	mm 6.17	mm 6.20	mm 6.56	mm 6.30	mm 6.46	mm 6.70	mm 6.65	mm 6.86	mm 7.00	mm 7.03
C	5.29	6.14	7.09	6.62	6.54	6.66	6.69	6.73	6.75	6.73
D	5.48	6.03	6.25	6.42	6.57	6.58	6.62	6.87	6.84	6.90
E	5.97	6.13	6.41	6.50	6.46	6.60	6.63	6.77	7.00	6.99
F	5.54	6.04	6.36	6.44	6.61	6.54	6.82	6.89	6.87	6.94

は厚さは長さの85%内外である。種子の熟度及び収穫後の処理と種子の厚さと長さの比の関係を見ると，第9表及び第3，4図の如く，未熟のうちに収穫された場合ほどその比が小さく，又収穫後直ちに脱粒乾燥した場合には，水分含量の急激な減少の認められる開花後70日目までは，固有の粒形を呈するに至らない。

第8表 熟度の異なる種子の後処理が粒の厚さに及ぼす影響 (1954)

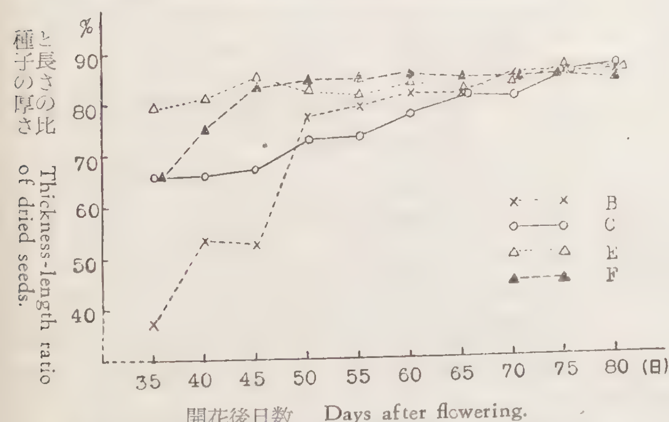
Table 8 Thickness of dried seeds of various ripening-stages subjected to several treatments. (1954)

処理	開花後日数（日） 35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
B	2.71	4.05	4.31	5.35	5.48	5.70	5.70	6.09	6.13	6.03
C	3.57	4.40	4.84	5.25	5.43	5.61	5.82	5.82	5.98	6.00
D	4.87	5.09	5.19	5.51	5.66	5.81	5.75	5.88	5.83	5.82
E	4.70	5.03	5.48	5.63	5.60	5.83	5.72	5.87	6.07	6.07
F	3.65	4.65	5.43	5.69	5.87	5.81	5.87	5.94	5.95	5.92

第9表 熟度の異なる種子の後処理が粒の厚さと長さの比に及ぼす影響 (1954)

Table 9 The thickness-length ratio of dried seeds of various ripening-stages subjected to several treatments. (1954)

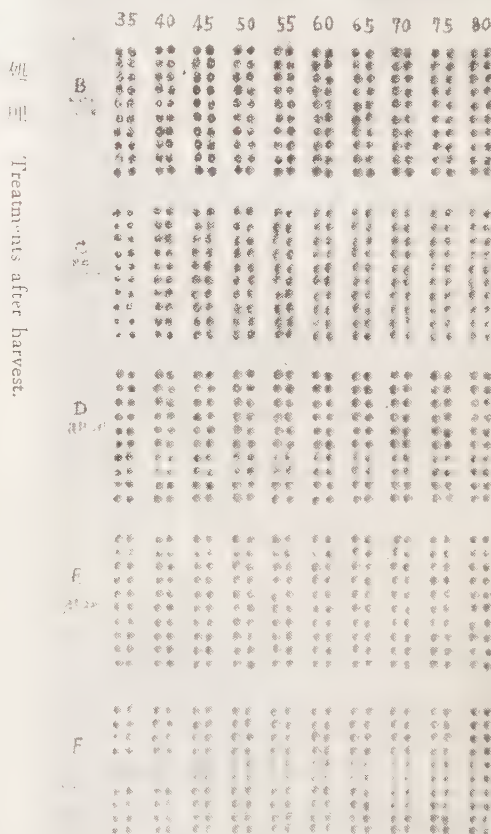
処理	開花後日数（日） 35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
B	37.4	53.1	52.5	77.1	79.2	81.9	81.9	85.8	85.9	86.0
C	65.8	66.0	67.1	73.0	73.6	77.7	81.2	80.9	85.8	87.0
D	81.8	82.5	76.1	81.4	82.4	85.1	83.6	85.2	83.6	84.2
E	79.1	81.4	85.5	82.6	81.7	84.2	82.2	84.8	86.3	86.3
F	65.6	76.0	83.4	84.8	85.1	85.4	84.9	84.6	85.1	84.6



第3図 熟度の異なる種子の後処理が粒の厚さと長さの比に及ぼす影響 (1954)

Fig. 3 The thickness-length ratio of dried seeds of various ripening-stages subjected to several teratments. (1954)

開花後日数（日） Days after flowering



第4図 熟度の異なる種子の後処理と種子の大いさ (1954)

Fig. 4 Seed-size of various ripening-stages subjected to several treatments. (1954)

3. 種子の熟度及び收穫後の處理と發芽能力との關係

それぞれの処理を施した種子を充分に乾燥させた後に，シヤーレを用いて30°C 恒温器中で発芽試験を行つた。その結果を第10表及び第5図に示したが，収穫後直ちに脱粒した処理A，Bでは開花後55日(1953)，60日(1954)で完全な発芽能力を有していた。脱粒して室内乾燥を行つた処理Bでは，早期に収穫したときは黴を生じて発芽能力を減ずる。未熟種子を脱粒して乾燥器に入れた処理Cでは発芽能力が甚だしく低下し，開花後50～55日目以前に

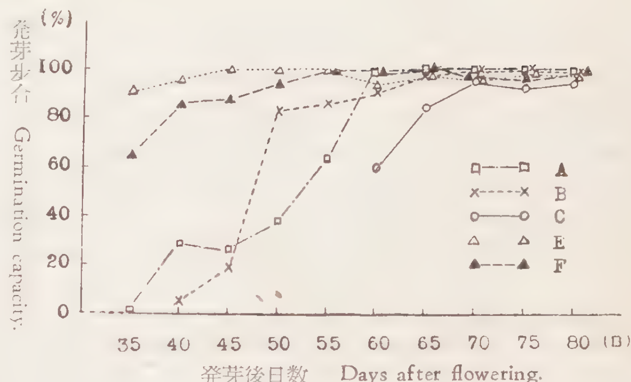
収穫したものは全く発芽しない。草本のまま追熟させた処理D，Eは開花後35日のものでも非常に高い発芽歩合を示した。又低温に遭わせても草本のまま充分な追熟期間を与えると，発芽能力に大きな影響を及ぼさない。特にポットのまま低温処理をした処理Gの健全粒は完全な発芽能力を有していた。

第10表　熟度の異なる種子の後処理が発芽率に及ぼす影響（30°C恒温器，1954.）

Table 10 Germination percentage of seeds of various ripening-stages subjected to several treatments. (In 30°C, 1954.)

処理	年次	開花後日数（日） 35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
A	1953	—%	—%	81%	67%	99%	100%	100%	100%	100%	100%
	1954	1	·29	26	38	64	99	100	100	100	100
B	1953	—	—	37	67	98	100	100	98	97	100
	1954	0	5	19	83	86	91	98	100	100	100
C	1953	—	—	0	0	41	93	97	48*	28*	100
	1954	0	0	0	0	0	59	84	95	92	94
D	1953	—	—	75	100	100	99	98	100	100	100
	1954	82	98	95	100	98	100	95	99	94	94
E	1953	—	—	99	99	100	100	99	100	100	100
	1954	92	96	100	100	100	94	97	95	100	98
F**	1953	—	—	0	—	79	86	71	87	—	100
	1954	64	86	88	94	100	100	100	97	96	100
G	1953	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1954	99	99	100	99	100	100	—	—	—	—

* 乾燥器故障による。
** 1953年は−9°C 2時間，1954年は−7°C 15分。



第 5 図　熟度の異なる種子の後処理が発芽率に及ぼす影響（30°C恒温器，1954）

Fig. 5 Germination percentage of seeds of various ripeining-stages subjected to several treatments. (In 30°C, 1954)

又実際に低温過湿の土壌中に長くおかれた場合の発芽状況を知るため，木箱中の過湿土壌に播種して10°Cの恒温室に5日間おいた後，10°～16°Cの室温で発芽試験を行つた。

第11表に見られるようにかかる不良条件下では種子の腐敗が多く，早期に収穫した場合の発芽率は，シヤーレ試験に比べてはるかに劣ることがわかつた。更に不良条件下における平均発芽日数は，発芽歩合の低いほど大きい傾向が見られた。

第11表　熟度の異なる種子の後処理が発芽に及ぼす影響（低温過湿土壌による試験，1954）

Table 11 Germination of seeds of various ripening-stages subjected to several treatments. (Tested under wet soil and low temperature condition, 1954)

項目	処理	開花後日数（日） 35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
発芽歩合 (%)	B	0	0	0	16	24	65	89	86	82	92
	C	0	0	0	0	0	[illegible]	66	23	51	73
	D	19	41	24	62	78*	-	81	91	85	96
	E	80	76	87	97	92	76	90	81	98	99
	F	20	43	62	91	98	97	93	100	95	96
平均発芽日数 (日)	B				26.2	25.2	22.3	22.2	22.8	22.4	22.7
	C						30.5	24.6	24.6	26.4	23.4
	D	25.4	24.5	28.7	25.2	24.5	—*	23.0	22.4	23.7	22.5
	E	23.4	22.5	19.8	22.0	21.0	[illegible]	22.0	22.5	21.6	21.8
	F	25.3	24.2	23.6	22.4	22.6	21.6	23.1	22.3	23.7	21.9

* 種子量不足のため発芽試験不能

4. 種子の熟度及び收穫後の處理と種子主成分との關係

大豆種子における脂肪と蛋白質の生成蓄積が，種子の熟度や収穫後の処理によつて，いかなる変化を示すかを知るために，収穫直後に脱粒して，乾燥器で乾燥させた処理Cと，草本のまま20日間追熟させた処理E，及び低温処理を行つたFについて分析を行つた。その結果は第12表及び第6図に示す。

a）粗脂肪　開花後35日目では，何れの処理も脂肪含量は低いが，40日目に至つて，草本のまま追熟させた処理Eは約20％となつて完熟期の

それと変らないが，処理C，処理Fでは50日目に約20%に達する。

b）純蛋白　脱粒直後，高温乾燥を行った処理Cでは，純蛋白は開花後，日数の経過と共に高くなる傾向を示しているが，処理E及び処理Fでは，35日目のものでも既に40%以上を示し，以後大差は認められない。

Ⅳ 考　察

大豆の授精後の胚の発育について，加藤・坂口（1953）は，授精後35日で胚の第1本葉始原体の分化を完了することを見ている。又末次（1951）は麦類，稲で発芽能力を生ずる時期は，胚の始原生長点の分化期に一致すると報告している。本試験では，種子の発生形態の詳細な調査を欠くが，開花後約50日で種子の長さ，巾及び厚さは共に最大に達し，又開花後40日目で発芽能力を有するに至ることが認められたが，加藤の試験が本州暖地で行われたこと，或は品種の差を考慮すると，この時期は胚の始原生長点の分化完了期に一致するものと考えられる。

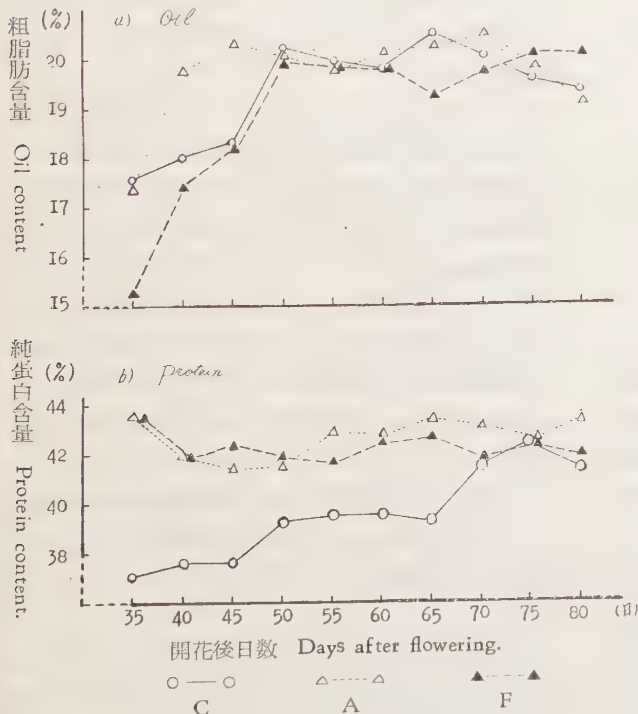
次に種子の熟度及び収穫後の処理方法と，種子の形態との関係を見ると，早期に収穫して直ちに脱粒した種子は，何れも品種固有の形態を有していないが，草本のまま追熟させた場合には小粒ながら完全な形態の種子を得ることができるので，乾燥した種子の長さと厚さの割合が発芽能力の指標になるのではないかと考えられる。即ち種子の長さに対して厚さが或る一定割合を占める時期を以て発芽能力を有する時期と見なし得るのではなかろうか。

追熟については，HARLAN (1926) が大麦で，稈についたまま収穫乾燥させた未

第 12 表　熟度の異なる種子の後処理が種子成分に及ぼす影響（無水物中%，1954）

Table 12　Seed contents of various ripening-stages subjected to several treatments. (Oven dry basis, 1954)

成分	処理	開花後日数（日） 35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
脂肪 (%)	C	17.59	18.04	18.31	20.26	19.96	19.76	20.52	20.08	19.53	19.40
	E	17.40	19.78	20.32	20.08	19.80	20.13	20.30	20.51	19.84	19.13
	F	15.25	17.40	18.23	19.94	19.87	19.79	19.26	19.76	20.16	20.15
蛋白質 (%)	C	37.09	37.59	37.59	39.22	39.47	39.53	39.16	41.59	42.41	41.28
	E	43.53	41.97	41.47	41.59	42.91	42.84	43.47	43.09	42.66	43.47
	F	43.53	41.91	42.41	41.84	41.66	42.47	42.66	41.91	42.41	41.91



第 6 図　熟度の異なる種子の後処理が種子成分に及ぼす影響（無水物中%，1954）

Fig. 6　Seed contents of various ripening-stages subjected to several treatments. (Oven dry basis, 1954)

熟種子は，その後8日間も胚，胚乳の発育を続けることを明らかにしたが，大豆においても草本のまま追熟させた場合には，明らかに種子の乾燥重量，発芽歩合及び粗脂肪，純蛋白の増加が見られたので，胚，子葉の発育も当然継続されるものと考えられる。従つて未熟のうちに収穫を余儀なくされた場合は勿論，種子の乾燥不充分のうちに収穫する場合には，刈取後草本のまま一定期間乾燥させることは，種子の発芽能力を高め，又品質を向上せしめる上に極めて意義あるものと考える。収穫後直ちに脱粒して加熱乾燥を行うときは，未熟で水分含量の多い場合ほど発芽力の減退が甚だしい。又完熟期に近い種子でも，加熱乾燥は発芽能力に障害を与えるので，種子に供用する場合には加熱乾燥は極力避けるべきであろう。

未熟種子を低温に遭わせても，草本のまま充分に追熟させると，発芽力を低下させることは少ないので，霜害をうけた未熟種子も，収穫後の処理によつては，種子として使用しうるものである。

次に種子の発芽力を検定するに当つて，適温下で行う warm test と，播種後低温下に一定期間処理する cold test の両者を併行することの必要なことが玉蜀黍で強調されているが，大豆においても発芽の最適温度で行うシヤーレ試験では，極めて不充分なことが，低温過湿の土壌試験で明らかに認められた。即ちここで行われた10°C 5日間の処理及び発芽温度の 9°～16°C の室温は，慣行播種期に播種したときにも普通に遭う温度であるが，これによつて発芽に及ぼす処理の影響が更に顕著に認められ，シヤーレ試験では発芽率に大きな差の見られない追熟10日，及び低温処理の早期収穫の種子では発芽率は著しく劣り，追熟20日の種子のみは何れも高い発芽率を示した。

大豆の成分含量と種子の熟度，及び収穫後の処理との関係を見ると，種子の脂肪含量は，収穫直後に脱粒して 45°C で乾燥した場合は，開花後50日目まで増加してその後変化はないが，追熟させると開花後 40 日目のものでも既に完熟期と変らない脂肪を含有するに至る。これは追熟によつて約10日間，脂肪の合成を続ける結果を考えられる。

純蛋白もまた，収穫して直ちに脱粒し，高温で乾燥したときは明かに含量が低い。

種子成分と発芽能力との関係については，蛋白質含量の高いときは，発芽が良好であることから種子成分としては，脂肪よりも蛋白質の含量が発芽に大きく影響するものと考えられる。

以上の結果から大豆の発芽能力は，収穫後の処理によつて大きな影響をうけることが知られた。即ち，たとえ未熟のうちに収穫しても，充分に追熟させると，発芽良好の種子を得ることができるし，登熟中に低温に遭つても追熟が充分であるならば，発芽能力に大きな障害を与えないことがわかつた。

又種子の水分含量の高いときは，低温，高温，及び腐敗によつて発芽力が低下するので，種子の調製，貯蔵に当つては，水分含量に留意することが必要であろう。

V　摘　　要

1. 大豆種子の熟度及び収穫後の処理方法が種子の特性と発芽能力に及ぼす影響を知るために試験を行つた。

2. 収穫時における種子の長さ，巾，厚さ，生重は何れも開花後 50 日で最大となるが，乾重は65～70 日目まで増加する。水分含量は，開花後日数の経過とともに減少するが,開花後 70 日目から急減する。

3. 開花後 60 日目以前に収穫した場合は，草本のまま追熟させると， 100 粒重が増加し，圃場の収量試験では，追熟させた場合には，開花後 50日以後の収量は，完熟期のそれと有意な差は見られない。

4. 熟度と収穫後の処理の異る同一品種の種子では，充分乾燥させたときの種子の厚さと，長さの比が，発芽能力の判定に役立つものと考えられる。

5. 30°C 恒温器の発芽試験によると，収穫後直ちに置床したものでは，開花後 55 ～ 60 日で完全な発芽歩合を示し，草本のまま追熟させると発芽能力は甚だしく向上する。未熟種子の高温乾燥は発芽を害するが，草本のまま低温処理をしても，発芽力の低下は小さい。

6. 低温過湿の土壌による発芽試験の結果から，熟度と収穫後の処理の影響が更に明らかに認められた。

7. 種子の脂肪含量は，種子の高温乾燥，及び草本の低温処理にあつては開花後 50 日で，草本で追熟させたときは 40 日で，完熟期と変らない脂肪含量を示した。

8. 種子の蛋白質含量は，種子の高温乾燥をした場合は，開花後 75 日まで漸増するが，草本の追熟及び低温処理後の追熟は，ともに開花後 35 日から高い含量を示し，発芽能力は蛋白質含量と密接な関係があると考えられる。

終りに臨み，試験遂行上種々御助言をいただいた作物部長吉野至總技官及び御協力を惜しまれなかつた作物部作物第 3 研究室の松尾和夫技官，藤盛郁夫，高沢寛の諸氏に厚く感謝の意を表する。

参考文献

1. HARLAN, H.V., 1926 : Development in immature barley kernels removed from the plant. Jour. Agr. Res., Vol. 32, No. 7, pp. 669～678
2. ——— and POPE, M. N., 1922 : The germination of barley seeds harvested at different stages of growth. Jour. Hered., Vol. 13, pp. 72～75.
3. 平田義祐，1937 : 大正15年の不作より見たる耕種上の注意．北・農・試・彙., 45, pp. 47～58.
4. 加藤一郎・坂口進 1953 : 大豆不稔実粒の発生機構に関する形態学的並に生理学的研究，日・作・紀., 21, (3～4) pp. 271～272.
5. 御園生義一 1935 : 未熟籾の発芽及び発育について．札幌農林学会報，123, pp. 435～448.
6. 小野崎研造・井口梶雄・小笠原眞澄 1943 : 昭和6年の不作より見たる耕種肥培上の注意，北・農・試・彙., 57, pp. 128～139.
7. 末次 勲 1951 : 大麦・ライ麦及びオート麦における胚の発育に関する形態学的研究，農・技・研・報・D., (1), pp. 49～87.
8. ——— 1953 : 稲品種における胚の発育に関する形態学的研究，農・技・研・報．D, (4) pp. 23～52.
9. TERADA, S., 1928 : Embryological studies in *Oryza sativa* L., Jour. Coll. Agr. Hokkaido Imp. Univ., 19, pp. 245～257.
10. 山本健吾 1936 : 二，三穀類種子の発育と未熟種子の発芽力，農及園., 11 (1), pp. 152～156.
11. 安田貞雄 1949 : 種子生産学，養賢堂.

Résumé

The study was conducted to learn the relation between various ripening-stages of soybean seeds and their development or germination.

Samples of seed were taken from "Tokachinagaha" growing in the field at five day intervals during the period from the 35th day after flowering to the day when seeds fully matured.

After sampling they were subjected to one of the following seven treatments.

A) Seeds were dehulled and the degree of development and germinating ability were examined immediately after sampling.

B) Dehulled seeds were dried in the air.

C) Dehulled seeds were dried in dryer at a temperature of 45°C for 5 days.

D) The whole plants were naturally dried in the air for 10 days in order to induce after-ripening.

E) The whole plants were naturally dried in the air for 20 days.

F) The whole plants were subjected to a temperature of −7°C for 15 minutes, and they dried for 20 days.

G) Pot-cultured plants were subjected to a temperature of −7°c for 15 minutes, and 20 days after the treatment seeds were harvested and dried in the air.

Results obtained were as follows:

1. On the day of sampling, the length, width, thickness, and weight of fresh seed were maximum on the 50th day

after flowering. Water content of fresh seeds decreased gradually as the plant matured ; the decrement of water content was remarkable on the 70th day after flowering.

2. In an early stage of maturity, the weight of 100 immatured seeds dried in the air increased significantly by after-ripening.

In the field test, seed yield of after-ripened plants was not significantly lower than that of the fully matured 50 days and more after flowering.

3. It is considered that thickness-length ratio of dried seed is concerned with germinating ability in respect to seeds in different stages of maturity dand ifferent treatments after sampling.

4. When tested at constant temperature of 30°C the seeds that were inbedded immediately after sampling, germinated perfectly 55 to 60 days after flowering.

Furthermore, the after-ripened seeds showed higher germination ability than the seeds not after-ripened.

The results of test under low temperature and wet soil conditions showed that after-ripening is very effective to increase the germinating ability of immatured seeds.

5. Oil contents of oven-dried seeds, and of seeds of plants treated at −7°C were lower than fully matured seeds until 50 days after flowering. And after-ripened seeds showed high oil content equal to that of fully matured seeds 35 days or more after flowering.

6. Protein content of oven-dried seeds increased gradually until the 75th day from flowering. But the seeds after-ripened and kept at −7°C showed relatively high protein content.

It seems that the protein is more concerned with germination than the oil content in soybean seeds.

南瓜屬の交雑に關する研究

VIII. *Cucurbita maxima* と *C. moschata* との相反雑種について

早　瀬　広　司*

CUCURBITA-CROSSES
VIII. ON THE RECIPROCAL INTERSPECIFIC HYBRIDS BETWEEN *C. MAXIMA* AND *C. MOSCHATA*

By Hiroshi HAYASE

Cucurbita maxima と *C. moschata* との2種の間に不完全ながら親和性が存在する（ERVIN & HABER, 1929；CASTETTER, 1930；伊藤，1933；志佐，1933；門田，1942；木村，1946；早瀬，1950；WHITAKER, 1946，1950，1951；山根，1952，1953)。特に *C. maxima* を母とした組合せにおいて *C. moschata* の花粉の発芽伸長は良好で多数の完全種子が形成され，その種間雑種は草勢が非常に旺盛で多収である上，果実の味は *C. moschata* よりも *C. maxima* に類似し，暖地栽培に適している。これに對して *C. moschata* を母とした相反の組合せでは *C. maxima* の花粉の発芽伸長は劣り，その形成される完全種子数は少なくて大抵10粒以下である（早瀬，1950；山根，1952，1953)。筆者は1948年以来これら2つの種の品種間の交雑親和性，その形成された種間雑種の親種による戻交配の試験を行うと同時に，その F_1 の特性並びに細胞学的研究を行つてきたので，ここにそれらの結果を報告する。

材料及び方法

供試材料は北海道大学農学部育種学教室及び北海道農業試験場において3代以上自殖選抜してきた *C. maxima* 及び *C. moschata* の次の品種である。

C. maxima : Delicious，竹内，芳香青皮，2661，Mammoth Pumpkin

C. moschata : 会津極早生，富津黒皮，小菊，白菊座

親種の播種は5月中旬圃場に，種間雑種は5月下旬冷床に4寸鉢にまいて苗を育成し，6月中旬圃場に移植した。各年とも交配時刻は午前8時半までに終了するようにした。

根端細胞の固定は NAWASHIN 液により，花粉母細胞には NAWASHIN 液と 3：1 の Acetoalcohol を使用した。切片は普通のパラフイン法により 10μ の厚さに切り，染色は鉄明礬ヘマトキシリンで行つた。

試験結果

1．**交配試験**　1951年から1953年までの3箇年間に *C. maxima*, *C. moschata* 及び F_1 雑種の間に行つた総括的交配結果を第1表に，品種別交配結果を第2表に示した。第1表により種内と種間の交配成績を比較すると，結果率には大きな差は認められないのに對して，完全種子数において大きな相違が認められる。即ち結果率では種間交配の方が6～8％低いが，種子数では *C. maxima* を母とした種子数の多い種間交配においても種内交配の½であるのに對し，その相反組合せの *C. moschata* を母とした種間交配では10粒以下となつていた。1交配当りの平均種子数の順に並べると，*C. moschata*, *C. maxima*, *C. maxima*×*C. moschata* 及び *C. moschata*×*C. maxima* とな

* 作物部園芸作物研究室

第1表 1951年から1953年までの3年間に行つた *C. maxima* と *C. moschata* との間の相反交配及びそのF1を戻交配したときの交配成績

Table 1 Fruit-setting and seed number in the crosses among *C. maxima*, *C. moschata* and interspecific hybrids from 1951 to 1953.

♀	♂	交配数	結果 (%)	果実あたり平均種子数	交配あたり平均種子数
C. maxima	*C. maxima*	412	45.6	265.4±12.0	121.1
	C. moschata	338	39.0	126.7± 6.7	46.5
C. moschata	*C. moschata*	118	50.0	375.8±25.4	184.1
	C. maxima	153	41.8	7.7± 1.3	3.3
F_1	Self	53	5.7	17.3	0.9
	C. maxima	104	79.8	41.7± 3.3	33.3
	C. moschata	136	65.4	52.5± 5.5	34.4

る。この結果は1948年と1949年の両年行つた交配結果とよく一致する(早瀬, 1950)。種間雑種を自殖又は株間交配すると結果率は著しく低く，上述の種内，種間交配の1/6～1/7に過ぎない上に，1果当りの平均種子数も20粒以下であつた。しかし種間雑種を親種で戻交雑すると結果率は65～80%で両親の種内交配に比べて15～35%も高く，1果当りの平均種子数は少なくて50粒前後であつた。これは胚嚢母細胞の成熟分裂が正常行動をとる頻度が低く受精可能の胚嚢の形成が少なかつたためと考えられる。

第2表の品種別の交配成績により種間交配の結果率の比較では一般に *C. maxima* を母とした組合せの方が高いが，Delicious を母とした3組合せ Delicious×会津極早生，Delicious×小菊，Delicious×白菊座の結果率はその相反組合せのそれよりも逆に低くなつていた。1果当りの平均

第2表 1951年から1953年までの3年間の *C. maxima*

Table 2 Fruit-setting and seed number in the

C. maxima \ 組合せ \ *C. moschata*		会津極早生 交配数	会津極早生 結果率	会津極早生 果実当り平均種子数	富津黒皮 交配数	富津黒皮 結果率	富津黒皮 果実当り平均種子数	小菊 交配数	小菊 結果率	小菊 果実当り平均種子数
Delicious	ma[1)]	125	24.0	259.4±28.4	125	24.0	259.4±28.4	125	24.0	259.4±28.4
	A[2)]	79	13.9	110.9±20.2	23	47.8	125.3± 8.7	57	42.6	135.8±17.4
	B[3)]	31	58.1	10.5± 3.5	23	26.1	15.6± 3.5	8	87.5	8.0± 2.9
	mo[4)]	37	43.2	331.9±24.7	27	63.0	372.4±38.4	36	41.7	284.0±18.7
竹内	ma	92	54.4	159.8±18.0	92	54.4	159.8±18.0	92	54.4	159.8±18.0
	A	34	70.7	73.5± 7.0	13	46.1	130.2±25.4	30	36.7	133.6±17.3
	B	12	58.3	1.6± 1.1	11	18.2	5.3± 2.5	4	25.0	6.7± 5.4
	mo	37	43.2	331.9±24.7	27	63.0	372.4±38.4	36	41.7	284.0±18.7
芳香青皮	ma	70	61.5	226.5±13.5	70	61.5	226.5±13.5	70	61.5	226.5±13.5
	A	22	50.0	91.0± 8.9	7	57.3	115.3	21	71.5	137.2±19.6
	B	14	21.4	0.3	13	46.1	5.7	12	25.0	4.5
	mo	37	43.2	331.9±24.7	27	63.0	372.4±38.4	36	41.7	284.0±18.7
D—2661	ma	71	56.4	285.7±29.0	71	56.4	285.7±29.0	71	56.4	285.7±29.0
	A				3	0	0	10	40.0	116.5
	B							5	40.0	0
	mo	37	43.2	331.9±24.7	27	63.0	372.4±38.4	36	41.7	284.0±18.7
Mammoth Pumpkin	ma	54	46.3	369.8±37.6	54	46.3	369.8±37.6	54	46.3	369.8±37.6
	A	6	66.7	241.0	7	57.1	353.5			
	B	2	50.0	18.0	1	100.0	8.0			
	mo	37	43.2	331.9±24.7	27	63.0	372.4±38.4	36	41.7	284.0±18.7

1) ma: *C. maxima* の自殖又は株間交配
2) A: *C. maxima*×*C. moschata*
3) B: *C. moschata*×*C. maxima*
4) mo: *C. moschata* の自殖又は株間交配

種子数は *C. maxima* では159.8（竹内）から369.8粒（Mammoth Pumpkin）までであるのに対し，*C. moschata* では284.0（小菊）から529.6粒（白菊座）までであり平均して *C. moschata* の方が多かつた。従つて種間交配した時の結果率と種子数との両者を考えた1交配当りの平均種子数の比較では *C. maxima* を母とした組合せの方がその相反組合よりも多くなつた。

第3表は種間雑種を親種で戻交配した時の交配成績で，結果率は一般に高く，（芳香青皮×富津黒皮）×芳香青皮の33.3%以外はすべて50%以上であつた。他方1果当りの平均種子数は最も多いもので80粒前後から最も少ないものは2～3粒までで変異が大きかつた。

種間雑種の1果当りの平均種子数の比較では竹内のF_1，Delicious のF_1，芳香青皮のF_1の順に種子数が少くなつていた。

種間雑種の花粉の授精力を確かめるため，親種に種間雑種の花粉を授粉したり，種間雑種の株間交配試験を行つた。その結果は第4表であつて概して結果率は極めて低く，又たとえ結果したとしても，（竹内×会津極早生）F_1 の株間交配以外は完全種子が認められなかつた。即ち種間雑種の花粉の授精力は極めて低いことが明らかになつた。

2. 雑種と種間雑種の特性の比較 種間雑種の種子は冷床の4寸鉢に播いて特に注意して管理に努めた。各年とも *C. maxima* を母とした組合せのF_1は発芽が良好であるのに対し，その相反の *C. moschata* を母とした組合せのF_1は発芽が悪い上，たとえ発芽した株でも本葉の全く抽出しないもの，又本葉が出てもその形状が畸型で繭状であつたり，本葉が3枚出てその生長点が形成され

と *C. moschata* との相反組合せにおける交配成績

reciprocal crosses betwen *C. maxima* and *C, moschata.*

白菊座			合計			
交配数	結果率	果実当り平均種子数	交配数	結果率	果実当り平均種子数	1交配当り種子数
125	24.0	259.4±28.4	125	24.0	259.4	62.2
16	0	0	165	25.4	126.5	32.2
4	75.0	12.0	66	51.6	10.8	5.5
18	61.0	529.6±64.9	118	50.0	375.8	184.1
92	54.4	159.8±18.0	92	54.4	159.8	86.8
4	25.0	164.5	80	52.5	99.4	52.2
4	25.0	0	31	35.5	3.4	3.4
18	61.1	529.6±64.9	118	50.0	375.8	184.1
70	61.5	226.5±13.5	70	61.5	226.5	139.1
			50	60.0	117.4	70.4
4	25.0	2.0	43	30.1	3.9	1.2
18	61.1	529.6±64.9	118	50.0	375.8	184.1
71	56.4	285.7±29.0	71	56.4	285.7	161.0
			13	30.8	116.5	35.8
			5	40.0	0	0
18	61.1	529.6±64.9	118	50.0	375.8	184.1
54	46.3	369.8± 3.8	54	46.3	369.8	171.2
3	0	0	16	50.0	297.3	148.6
			3	66.6	13.0	8.7
18	61.1	529.6±64.9	118	50.0	375.8	184.1

第 3 表　種間雑種を親種で戻交配した時の交配成績

Table 3　Fruit-setting and seed number in the interspecific hybrids, when back-crossed by parental species.

♀	×♂ (C. max.)	交配数	結果率 (%)	1果当り平均種子数	1交配当りの種子数	×♂ (C. mos.)	交配数	結果率 (%)	1果当り平均種子数	1交配当り種子数
竹内×会津		6	66.7	41.2	27.3	会津	13	93.3	54.9± 7.6	50.6
×小菊	竹内	14	71.4	52.4± 7.6	30.3	小菊	4	75.5	60.0	45.0
×富津	〃	28	57.1	42.7±10.6	24.4	富津	30	86.7	66.3±10.9	57.5
×白菊座	〃	31	77.4	71.3±11.0	55.2					
Delicious×会津	Delicidus	13	53.9	23.0± 4.4	12.4					
×小菊	〃	6	100.0	23.8± 6.0	23.8	小菊	7	85.71	6.1± 2.2	5.2
×富津	〃	12	50.0	27.3± 5.1	13.7	富津	3	66.7	12.8± 2.6	8.5
×白菊座	〃	12	75.0	62.8±11.0	47.1					
芳香青皮×会津	芳香	12	66.7	33.9± 7.5	22.6	会津	13	69.2	16.9± 5.5	11.9
×小菊	〃	9	89.0	19.5± 5.4	17.3	小菊	6	100.0	8.6± 2.3	8.6
×富津	〃	10	33.3	8.5	2.6	富津	3	66.7	2.5	1.7
富津×Delicious	Delicious	1	0	0	0	富津	1	100.0	32.0	32.0
会津×Delicious	〃					会津	1	0	0	0
富津×Mammoth Pumpkin	M. P.	2	0	0	0	富津	3	100.0	4.7	4.7

第 4 表　種間雑種の花粉で授粉した時の交配成績

Table 4　Fruit-setting and seed number in the crosses, pollinated by the pollen of the interspecific hybrids.

(a)　親種×F_1　Parent species×F_1

親種	F_1	交配数	結果率	1果当り種子数
Delicious	会津× D	1	0 %	0
	D ×会津	14	21.4	0
	D ×小菊	6	0	0
	D ×富津	10	20.0	0
芳香青皮	芳香×会津	7	0	0
	芳香×富津	1	0	0
会津極早生	D ×会津	7	0	0
	竹内×会津	8	12.5	0
	芳香×会津	2	0	0
小菊	竹内×小菊	2	0	0
	D ×小菊	4	0	0
	芳香×小菊	2	0	0
富津黒皮	芳香×会津	1	0	0
	芳香×富津	1	0	0
	芳香×小菊	1	0	0

(b)　F_1 の株間交配　F_1 ×F_1

F_1	交配数	結果率	1果当り種子数
竹内×小菊	4	0 %	0
竹内×会津	13	15.4	26.0
竹内×富津	1	0	0
D ×小菊	6	0	0
D ×会津	12	0	0
D ×富津	1	0	0
芳香×小菊	7	0	0
芳香×富津	4	25.0	0
芳香×会津	5	0	0

第5表 1953年収穫時における *C. maxima*, *C. moschata* 及びその相反組合せの生育の比較

Table 5 Comparison of vine length, stems and leaves among *C. maxima*, *C. moschata* and their reciprocal hybrids at their hatvest time.

組合せ	蔓の長さ (m)	茎の太さ (mm)	節門の長さ(cm) 5〜6	10〜11	15〜16	最大葉大さ[2] (cm)	1株当り収量 (kg)
Delicious	8.84	13.2	16.7	20.6	19.0	63.7	3.59
D ×会津	8.46	9.9	11.4	17.8	17.6	82.5	1.08
会津× D	6.40	10.8	16.0	24.0	24.0	69.9	1.00
会津極早生	5.50	8.3	8.1	15.1	17.1	53.7	0.91
Delicious	8.84	13.2	16.7	20.6	19.0	63.7	3.59
D × 富津	7.86	10.5	16.2	21.5	24.8	77.7	3.68
富津× D	3.30	8.5	11.4	14.6	15.0	45.7	0.55
富津黒皮	7.50	10.0	20.1	22.0	26.3	67.9	1.00
芳香青皮	6.80	14.6	17.0	17.6	22.9	66.3	1.50
芳香×会津	7.80	8.9	13.6	18.0	20.0	77.8	3.37
会津極早生	5.50	8.3	8.1	15.1	17.1	53.7	0.91
芳香青皮	6.80	14.6	17.0	17.6	22.9	66.3	1.56
芳香×小菊	8.58	10.1	13.8	19.4	21.4	67.9	1.79
小菊	3.71	7.3	13.1	15.1	16.7	44.1	0.78
竹内	4.48	10.3	9.8	14.7	17.0	57.8	1.70
竹内×小菊	10.10	10.1	18.3	25.2	28.9	75.2	2.85
小菊	3.71	7.3	13.1	15.1	16.7	44.1	0.78
竹内	4.48	10.3	9.8	14.7	17.0	57.8	1.70
竹内×会津	9.89	10.1	15.1	18.2	21.9	80.3	3.94
会津×竹内	2.90	7.0	4.0	12.0	8.0	38.5	0
会津極早生	5.50	8.3	8.1	15.1	17.1	53.7	0.91
竹内	4.48	10.3	9.8	14.7	17.0	57.8	1.70
竹内×富津	12.40	9.5	18.4	23.2	29.0	74.0	2.93
富津黒皮	7.50	10.0	20.1	22.0	26.3	67.9	1.00
Mammoth Pumpkin	6.05	13.0	12.0	20.0	21.0	57.0	
M.P×会津	7.14	8.8	12.2	14.4	14.7	70.5	2.15
会津極早生	5.50	8.3	8.1	15.1	17.1	53.7	0.91
Mammoth Pumpkin	6.05	13.0	12.0	20.0	21.0	57.0	
富津×M.P.	4.18	9.3	11.4	16.6	20.6	59.7	1.44
富津黒皮	7.50	10.0	20.1	22.0	26.3	67.9	1.00

1) 茎の太さ：5と6節間の中央の直径

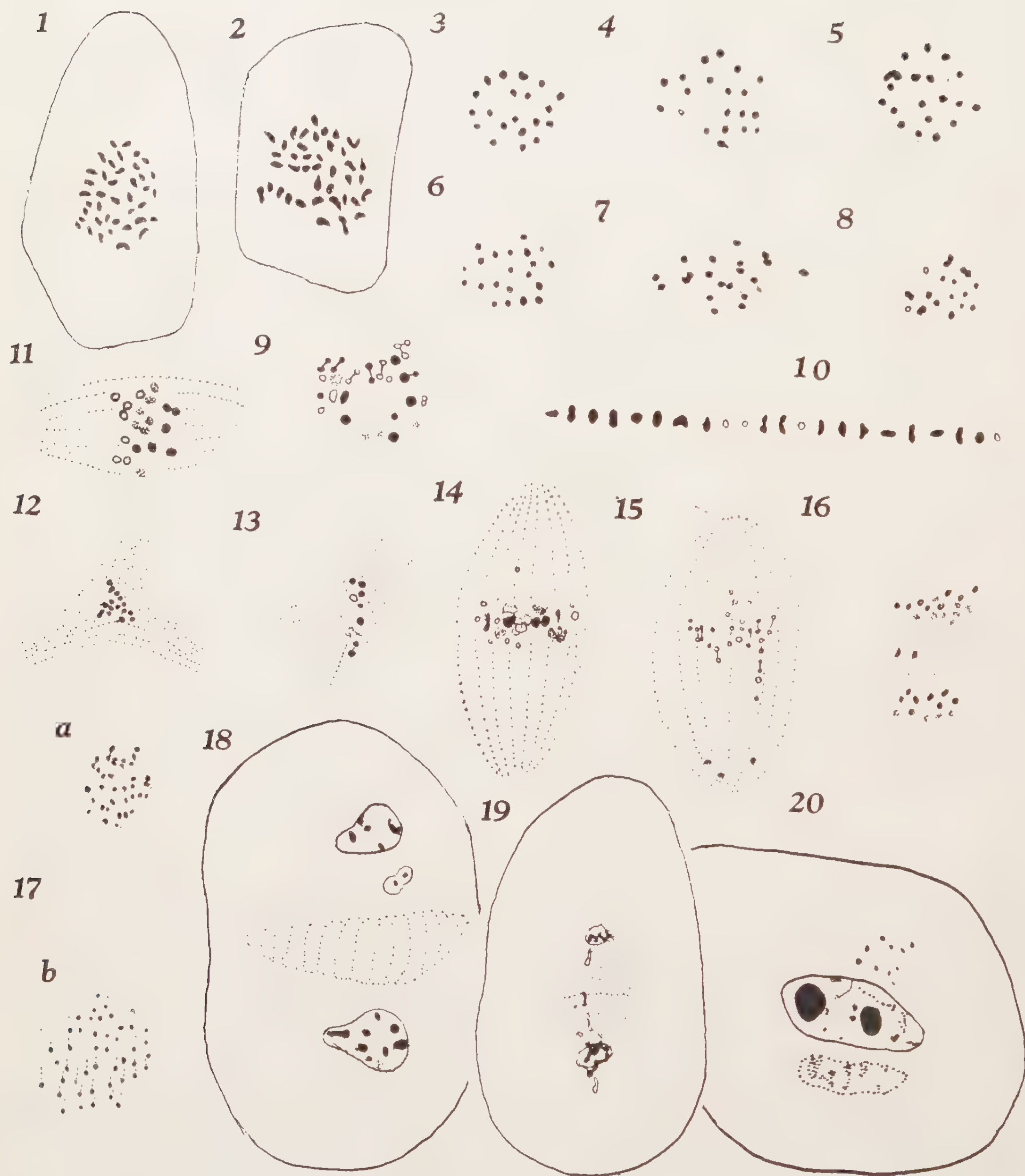
2) 最大葉の大さ：最大葉の縦径と横径の和の $\frac{1}{2}$

ず枯死するものがみられた。これは山根 (1953) が観察した結果と一致した。しかし山根 (1953) の如く KNOP 培養基で育苗しなくとも，開花結実した株が得られた。

1953年9月末親種とその種間雑種の生育の調査結果を第5表に示した。これによると *C. maxima* を母とした種間雑種はその親種に比べて生育が旺盛で Delicious 以外はすべて蔓の長さが長く葉の大きさも大きかつた。しかしF_1の茎の太さは *C. moschata* よりも細かつた。*C. moschata* は北海道の如き夏季冷涼な気候の下では生育が悪かつたが，*C. moschata* を母としたF_1はその相反組合せのF_1よりは勿論母種よりも生育が著しく悪く，収量も一般に劣つていた。

種間雑種の形状は一般に両親種の中間であつた。即ち葉は心臓形 (*C. moschata*) で欠裂が非常に浅くなり (*C. maxima*)，葉面に白斑のあるもの (*C. moschata*) とないもの (*C. moschata*) とがあり，茎の形状は五角柱形 (*C. maxima*)，花冠は円形 (*C. maxima*) で先端がやや尖り星形 (*C. moschata*)。花冠筒は円筒形 (*C. maxima*) とやや漏斗形 (*C. moschata*) との中間であり，蕚片はよく発達する (*C. moschata*)。柱頭の色は黄色 (*C. maxima*) より赤いか鼠色である (*C. moschata*)。果梗は硬い五角柱形 (*C. moschata*) で果に接する部分で拡大しない (*C. maxima*)。

親種とそのF_1の果実の特性を比較したのが第6表である。F_1の果実重量は一般に両親品種の中間であるが，富津黒皮×Delicious の果実は非常に軽かつたのは第5表にみられる如く草勢が貧弱なためと考えられ，その相反組合せの果実の $\frac{1}{5}$ の重量である。種間雑種の果型は一般に扁円形で梗座から花痕にかけて縦に条縞となつて *C. moschata* の菊座型の名残をとどめているものが多い。芳香青皮×会津極早生のF_1は *C. moschata* の如き菊座型であり，Delicious×富津黒皮，Delicious×小菊の2組合せのF_1の果型は母親の Delicious の如き心臓型となり共に例外であつた。富津黒皮は調査した *C. moschata* の中で果高の高い品種であつて，この品種の入つたF_1の富津黒皮×



第 1 ～ 20 図 説 明

第1～2図　*C. maxima*×*C. moschata* の体細胞染色体$2n=40$　1.　芳香青皮×会津極早生　2.　竹内×小菊

第3～9図　*C. maxima* と *C. moschata* の種間雑種における花粉母細胞の第1分裂
3～9.　花粉母細胞における第1分裂中期の極面観　3.　20_{II},　4.　$1_{III}+18_{II}+1_{I}$,　5.　$1_{IV}+81_{II}$,　6.　$19_{II}+2_{I}$,　7.　$2_{VI}+16_{II}$,　8.　$4_{VI}+12_{II}$,　9.　$2_{III}+14_{II}+6_{I}$で異常排列

第10～15図　花粉母細胞における第1分裂中期の側面観　10.　18_{II}と4_{I}とを個々に描いた　11.　すべての2価が紡錘体内に散在　12.　3極性の紡錘体　13.　Y字型の紡錘体　14.　15_{II}と10_{I}との異常排列　15.　1極心は3個の2価染色体あり．赤道板の附近に13個の2価染色体と2個の1価染色体

第 16 図　第1分裂後期における2個の遅滞染色体

第 17 図　第1分裂終期における早期縦裂染色体の異常分配

第18～20図　花粉母細胞における第1分裂終期の異常行動　18.　2個の大核と1個の小核　19.　細胞質に残留の染色体　20.　異なる大さの2核　*C. moschata*×*C. maxima*（会津極早生×Deliccius）：3～8, 11～13と17図．*C. maxima*×*C. moschata*（Delicicus×富津黒皮）：9図．*C. moschata*×*C. maxima*（富津黒皮×Delicions）：10, 14～16, と19～20図

第6表 *C. maxima*, *C. moschata* とその種間雑種の果実の比較

Table 6 Comparison of fruit characters in among *C. maxima*, *C. moscahta* and their interspecific hybrids.

		果実の平均重量 (g)	果高 (cm)	果径 (cm)	果型指数1)	果肉の厚さ (cm)	果色	条線	果型
P	Delicious	2195	14.2	14.6	0.97	3.8	濃緑色		心臓型
	芳香青皮	1283	11.2	15.1	0.74	3.0	灰緑色		扁円型
	竹内	1005	10.2	13.7	0.60	2.9	灰緑色		扁円型
	会津極早生	941	5.7	13.9	0.41	3.2	カバ色	深い	菊座型
	富津黒皮	1317	9.5	14.6	0.66	4.0	カバ色	深い	菊座型
	小菊	596	7.2	11.2	0.64	2.3	カバ色		菊座型
F1	D × 会津	880	7.2	13.9	0.52	3.0	濃緑色	浅い	扁円型
	会津 × D	1000	8.1	14.2	0.57	2.4	黒緑色	浅い	扁円型
	D × 富津	1845	15.1	16.4	0.92	3.4	黒緑色	浅い	心臓型
	D × 小菊	1290	12.6	14.4	0.88	3.3	黒緑色		心臓型
	富津 × D	550	12.2	10.2	1.22	2.7	黒緑色		円筒型
	竹内×小菊	1150	11.4	14.0	0.82	2.7	黒緑色		扁円型
	竹内×富津	1240	11.8	14.7	0.80	2.5	黒緑色		扁円型
	竹内×会津	1425	8.1	16.4	0.49	3.0	緑色		扁円型
	芳香×会津	904	7.5	13.6	0.55	2.5	緑色2)	浅い	菊座型
	芳香×富津	1150	17.5	12.0	1.45	2.1	濃緑色	浅い	扁円型
	芳香×小菊	1030	9.5	13.4	0.71	2.8	黒緑色		扁円型

1) 果型指数=果高/果径　2) 緑色に淡緑色/の斑点あり

Delicious と芳香青皮の2組合せは果型指数1.00以上となつていた。雑種の果色は一般に*C. maxima* の緑色よりも暗緑色で，果実の表面に凸凹が多かつた。

8. 細胞学的観察 種間雑種の体細胞染色体数は第1，2図に示す如く2n=40であること，原初皮層の大きな細胞中に4倍体の細胞が混在している点は親種の体細胞染色体を観察したと同様であつた（早瀬，1951）。

花粉母細胞の観察は第1分裂中期以後について行い，特に *C. moschata* を母とした会津極早生×Delicious，富津黒皮×Delicious につき詳細に研究したのでこれらを主として述べる。

第1分裂中期の染色体の接合状態を第7表，第3～9図に示したが，正常の20Ⅱは観察した範囲では全体の37.2%であつた。4価染色体は3個まで形成され，3価染色体は1個，1価染色体は5個まで観察された。即ち第1分裂中期における4価，3価，2価及び1価染色体の細胞当りの平均はそれぞれ0.40，0.14，18.57及び0.83であって2価染色体は18～19個は観察された。これは山根（1952）の観察結果と大体一致するが，氏は4

第7表 *C. moschata* × *C. maxima* の第1分裂中期における染色体接合の状態（会津極早生×Delicious）

Table 7 Chromosome complements at MI of *C. moschata* × *C. maxima* (Aizu Gokuwase × Delicious)

染色体群の数	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	細胞数	%
17	3		14		1	2.9
18	2		16		3	8.4
19	1		18		5	14.3
20		1	18	1	4	11.9
			20		13	37.2
21			19	2	6	16.8
22		1	16	5	1	2.9
合計	14	5	650	29	35	100.0
1細胞あたり平均	0.40	0.14	18.57	0.83		



第 21 ～ 27 図 説 明

第 21 図 中間期における復旧核（富津黒皮×Delicious）

第22～25図 第 2 分裂の中期

22．染色体橋により融合した40個の染色体　23．第 1 分裂に異常に早く分れた多数の染色体

24．18～22個の染色体の異常分配と 1 極面では 6 と 16個の異常排列　25．染色体の異常分裂と 1 側面観で紡錘体内に散在する染色体

第 26 図 分裂時期が異なり，1 方は第 2 終期であるのに対し，他方は後期となつている。終期の 2 核の大さ異なり，後期の紡錘体はY字型

第 27 図 終期における染色体の異常分配と過多の分裂

22～27図： *C. moschata* × *C, maxima*（会津極早生×Delicious）

第8表 *C. moschata*×*C. maxima*（会津極早生×Dalicious）の第1分裂中期の紡錘体の種類と染色体の排列状態

Table 8. Kinds of spindle and arrangement of chromosomes at MI of *C. moschata*×*C. maxima* (Aizu Gokuwase×Delicious).

紡錘体の種類	染色体の排列状態	頻度	%
正常型	A 正常（赤道板に規則正しく）	19	42.3
	B 極面観の如く紡錘体中に散在	10	22.2
	C ある染色体は赤道板に並ばない	13	28.9
三極性	不規則	1	2.2
Y字型	不規則	2	4.4
合計		45	100.0

第9表 *C. moschata*×*C. maxima* の第2分裂中期における染色体数

Table 9. Distribution of chromosomes at MII of *C. moschata*×*C. maxima*.

染色体数	会津極早生×Delicious 頻度		%	富津黒皮×Delicious 頻度		%
14	1					
15	2			1		
16	2					
17	3	20	48.0	4	13	43.4
18	6			5		
19	6			3		
20	15		30.0	9		30.0
21	7			2		
22	3			4	7	23.3
23	1			1		
24			26.0			
25	1	13				
26						
27						
28	1					
⋮						
40以上	2		4.0	1		3.3
合計	50		100.0	30		100.0

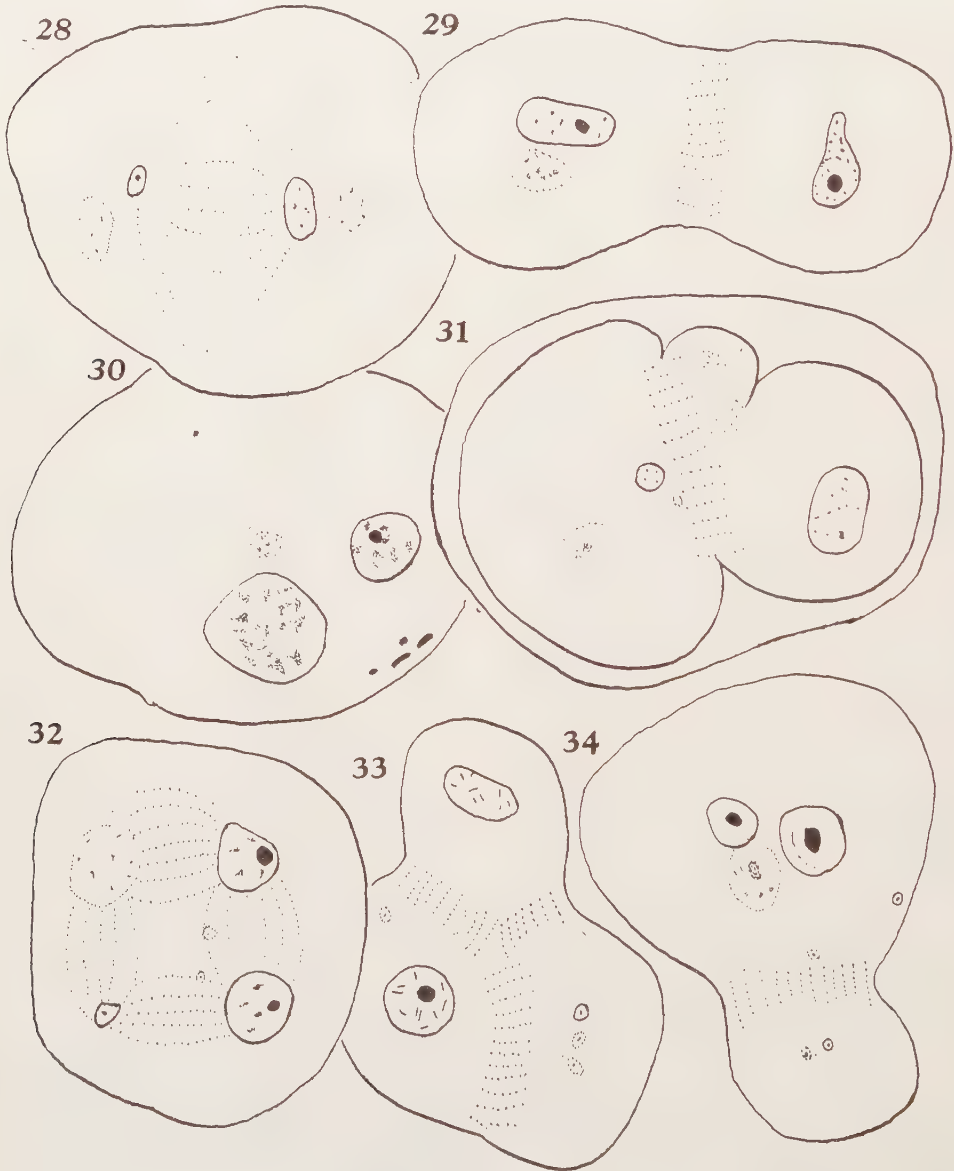
価染色体の形成を観察していない。なお氏によれば正常の20個の2価染色体の細胞数は4.4%で$19_{II}+2_{I}$は93.4%を占め最も多く，この点も著者の結果と異なつている。第1分裂の極面観の染色体の排列状態も第9図の如く円周の周辺に集つて中央に並ばないものが屡々みられた。第1分裂中期の側面観において$18_{II}+4_{I}$の接合状態を染色体別に第10図に，正常の紡錘体内に極面観のように排列した第11図，赤道板に規則正しく排列しない第14図の外，3極性（第12図）やY字型の異常の紡錘体（第13図）が存在した。側面観におけるこれらの関係を調査したのが第8表であつて正常の紡錘体で正常排列の細胞は42.3%であつた。

第1分裂後期における染色体の移動も不規則であつて第15図の如く2価染色体のまま一方の極に早期に行くもの，第16, 19図の如く遅滞染色体があるもの，第18図の如く小核を形成するもの，第19図の如く細胞質中にとり残されるもの等がある。第1分裂の染色体の分配も不規則であつて第15図の如く2価のまま一方の極に移行するもの，1価になつて分れるもの，第17図の如く1価染色体が早期に縦裂して一方の極に44個，他極に36個分配されるものがあつた。

中間期には大きさの異なる核が第20図の如く2個のもの，3個のものがみられる外，時には第21図の如く1個の大きな復旧核がみられる場合もあつた。第1分裂の異常度は第2分裂中期の染色体数を数えることにより知ることができる。第9表によると第2分裂中期における染色体数は14から40以上までの範囲であつた。20個の染色体数をもつた平衡核板は30%であり，20以下の核板は45%，20以上のそれは25%であつて，これらの間の20%位の開きは第1分裂で染色体の消失が行われたためと考えられる。頻度は低いが，第1分裂に融合して40となつたもの（第22図），又異常に早く縦裂が行われて40以上の染色体となつたものもみられた（第23図）。第24図の如く18〜22と第1分裂の染色体の分配が異なる上に，一方の極の22個の染色体の排列が16と6との2群に分れているもの，第25図の如く第1分裂の染色体の分配が19〜21となつた後，第2分裂中期の染色体の排列が紡錘体中に不規則となり，第2分裂においても異常行動が行われることの暗示されるもの，第26図の如く第2分裂時期がずれて遅速がある上，紡錘体の形状が異常でY字型のもの，第27図の如く

異常縦裂，数的異常分配等が行われることが観察された。かように第１，第２分裂が異常に行われたため第 28 図から第 34 図の如き種々の数や大きさの核，細胞が形成されたのがみられた。

花粉４分子の時期において正常４分子の外に大きさ，数の異なる分胞子がみられた。分胞子の数と頻度との調査結果は第10表であつて分胞子数は１から８までにわたり，同じ分胞子数であつても分胞子や核の大きさが異なつている。第 35,36 図は分胞子，核の大きさ等が異なる１例を示したものである。正常の４分胞子の割合は親種では97%以上あるのに対し，種間雑種では 35〜75 %であつた。しかし正常４分胞子の如くみえるものにも異常分胞子が含まれているものと考えられる。何故



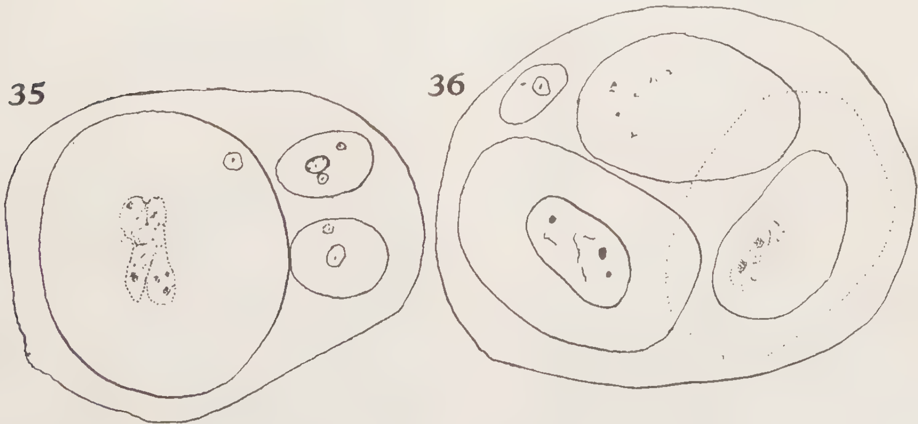
第 28 〜 34 図 説 明

第28〜34図 第２分裂終期における異常行動（会津極早生×Delicious）

第 10 表 1593年における *C. maxima*, *C. moschata* とその種間雑種における花粉4分子の比較

Table 10. Microcytes per sporad among *C. maxima*, *C. moschata* and their reciprocal hybrids in 1953.

区	別	個体 No.	4分子の数 1	2	3	4	正常4	5	6	7	8	合計	正常4分子の%
P	Delioius				1		307	3				311	97.8
	芳香青皮						303	1				304	99.7
	竹内						309	8				317	97.5
	小菊	−1		3			300	2				305	98.4
		2		4			1040	7				1051	99.0
	会津極早生	−3		1			303	1				305	99.0
		−3		3	1		313	2				319	98.1
	富津黒皮	−3			1		316	4				321	97.8
		−4					104					104	100.0
F₁	会津×竹内	−1		2	27	19	116	87	39	2		292	37.9
	竹内×会津	−1			8		248		123	11		390	63.6
		−2		1			237		93	10		341	67.5
		−7		24	47	16	151	79	10		1	328	45.3
	D ×会津	−3		3	4		108	56	77	25	32	305	35.4
		−4		10	10	1	172	116	11	9		329	53.2
	芳香×小菊	−5		6	21	46	112	86	41	19		331	34.9
		−3		3	9	2	232	63	14			323	71.8
	D ×富津	−1			4		182	66	51	9		312	58.3
		−3	1	13	7	4	271	50	8			354	76.8
	竹内×富津	−3		1			251	53	17			322	77.9
		−4			3	20	279	61	13			376	74.2
	芳香×富津	−4					256	55	35			346	74.0



第 35 ～ 36 図 説 明

第35～36図 花粉4分子終期における異常分胞子（会津極早生×Delicious）

第11表 *C. maxima*, *C. moschata* とその相反雑種組合せの花粉稔性

Table 11 Pollen fertility in *C. maxima*, *C. moschata* and their reciprocal hybrids in 1953.

区別		調査花粉粒数	稔性花粉率 %
Delicions		369	94.6
竹内		444	98.2
芳香青皮		320	97.2
会津極早生		306	99.0
小菊		540	98.4
富津黒皮		416	97.6
D ×会津	−1	407	0.9
	−4	414	6.3
	−6	459	4.8
会津× D	−1	611	0.5
	−2	421	0
D ×小菊	−1	405	14.5
	−1	353	7.4
	−3	322	25:8
	−3	550	16.0
	−4	305	15.1
	5	667	10.0
	−6	328	9.1
	−9	507	8.7
D ×富津		6.05	7.2
		546	2.2
芳香×会津	−2	419	8.6
	−4	392	7.7
	−5	—*	—
	−5	143	0
	7	354	5.4
	−7	319	12.2
	−8	401	5.2
	−8	401	6.0
芳香×小菊	−1	354	10.1
	−3	411	19.4
	−5	458	9.4
	−5	411	12.9
	−6	414	18.6
芳香×富津	−3	342	3.8
	−3	338	18.3
	−6	352	11.6
竹内×会津	−2	400	4.0
	−2	—	—
	−4	358	12.5
竹内×富津	−2	483	3.3

* 暗黒色葯で花粉粒なし

第12表 *C. maxima*, *C. moschata* とその相反雑種における花粉粒の大さ

Table 12 The size of pollen grain in *C. maxima*, *C. moschata* and their reciprocal hybrids,

区別	M + m
Delicious	47.48[1] ± 0.35
Delicious ×会津	30.38 ± 0.74
会津×Delicious	19.53 ± 0.95
会津極早生	49.23 ± 0.04

1目盛＝3 μ

ならば第11表に示す如く種間雑種の稔性花粉は20％以下であつたからである。しかして *C. moschata* を母とした組合せの F_1 はその相反組合せに比して正常4分胞子や稔性花粉が少なかつた。第12表は花粉の大きさを比較したもので種間雑種は両親の種に比べて花粉の大きさが小さく，特に *C. moschata* を母とした雑種は小さくなり，大きさの変動の範囲が大きかつた。

山根 (1952, 1953) は *C. maxima* を母とした F_1 の花粉はその母種に比べて大きいのに対し，*C. moschata* を母とした F_1 は両親よりも花粉の大きさが小さくなつていたと報告している。即ち筆者の観察結果では *C. maxima* を母とした F_1 の花粉の大きさは両親に比べて小さく，山根の結果と異なつている。山根の *C. maxima* を母とした F_1 の稔性花粉は10％と25％でともに低い。筆者の場合 F_1 の不稔性花粉の大きさは両親に比して小さく，稔性花粉は両親と同じ位の大きさであつた。従つて F_1 の花粉の大きさの平均は両親に比して小さくなつたのである。

種間雑種の南瓜において成熟分裂が異常に行われる外，タペート細胞の異常発育崩壊によつても花粉が不稔性となる。タペート細胞の異常発育崩壊の過程は半数体の南瓜と全く同様である（早瀬，1954）。即ちタペート細胞の異常発育崩壊は

(1) 胞源細胞分化の時期に既に退化が行われて葯胞内は真黒な線状に埋まつているもの。

(2) 芽胞細胞に接しているタペート細胞が異常に発育して葯胞内を埋めつくし，細胞膜や核をもつているもの。

(3) タペート細胞と同様に葯胞内を埋めつくしているが，細胞の内容が崩壊流出融合し，濃染の核をもつもの。

(4) 花粉4分子の時期にタペート細胞が肥大し始めるもの。

(5) 花粉4分子が Periplasmodium に包まれるもの。

(6) 花粉分裂の時期に Periplasmodium に包まれ退化するもの。

(7) 花粉分裂の時期になつてもタペート細胞壁のみ存し，内容のなくなつたもの。

である。これらのタペート細胞の異常発育崩壊は同じ蕾の葯でも葯胞により，同じ葯胞でもその部位によつて異なつている。

考　　察

西山 (1947) によると *C. maxima* と *C. moschata* との種間雑種は暖地においてその発育が極めて旺盛で1株で30坪位に拡がり，耐暑性，耐病虫害をもち，一般の栽培が容易で6月から11月まで収穫，1果400～500匁の果実を1株当り30～40個収穫でき，果実は粉状質で *C. maxima* に近い味を有し，3～4番なりでも味がおちない。採種方法として母本の *C. maxima* は耐暑性が非常に弱くて栽培がむずかしく通常1個以上つけないという。しかし *C. maxima* は冷涼の北海道において1本仕立の株においても少くとも2～3個結果する。従つて *C. maxima* と *C. moschata* の種間雑種を採種する場合，母本にする *C. maxima* の結果は北海道の方が多いから，現在四国その他の暖地で採種するより北海道の方が適当と考えられる。ただ北海道の実際問題として採種組合の如き共同採種並びに採種技術の確立が先決問題として重要であろう。

南瓜の種間雑種を栽培する場合必ず花粉親として両親の何れかの種を混植する必要がある。本研究により明らかな如く，種間雑種の花粉は授精力が低く，F_1だけの栽培では結果，着粒が著しく悪い。花粉親として *C. moschata* の方が平均種子数が多少劣るようであるが，結果率は大差がないから，暖地では生育の良い *C. moschata* を花粉親として1割位混植するのが適当であろう。

種間雑種は採種上に多くの労力がかかり，又花粉植物を必要とする欠陥を除くため，コルヒチンで倍加して複2倍体を育成して固定しようとする研究がある (Pearson et al., 1951；岡, 1955)。しかし育成された複2倍体はもとの種間雑種に比べて遜色のない系統が得られなかつたが，材料や選抜のいかんによつて積極的に新品種の創成の可能性を認めている。

次に *C. maxima* と *C. moschata* との相反雑種組合せにつき考えてみる。*C. maxima* を母とした組合せにおいて *C. moschata* の花粉は種内交配と同様順調に発芽伸長し (早瀬, 1950)，100粒以上の種子が形成する。他方 *C. moschata* を母とした組合せにおいて *C. maxima* の花粉管は子房内の通導組織の途中で遅滞し，種子形成が著しく悪く，10粒以下である。その上形成された種子の発芽が低く，又発芽した種子も発育の途中で枯死するものも現われた。本研究において細胞学的研究は主として *C. moschata*×*C. maxima* につき詳細に行つたが，成熟分裂の異常行動はその相反雑種よりも多く現われるようである。何となれば成熟分裂の結果形成された花粉4分子期の異常分胞子の頻度は *C. moschata* を母とした方が多く，又稔性花粉割合も低く，花粉の直径もずつと小さいからである。かように南瓜の相反雑種組合せにおける著しい相違に山根 (1953) が指摘している如く細胞質が相当大きな関係をもつものであろう。この点の裏付けとなる事実は *C. moschata* の会津極早生を母として *C. maxima* の Delicious を連続4回戻交配した植物においてみられた (早瀬，未発表)。即ちこの植物の形状は殆どの形質 (葉，茎，花冠，果実等) について *C. maxima* に類似してただ萼片の発達の良い点だけは *C. moschata* に似ていた。花粉4分子の調査した結果では正常4分胞子は80.5% で *C. maxima* に比べて低いばかりでなく，雌の正常胚嚢の形成の低いことも Delicious の戻交配によつて形成した種子数が100粒以下であることによつて確かめられた。なお果実の重量は400～1200g で Delicious の2000g以上あるのに比べて著しく軽かつた。即ちこれらの植物の染色体構成は4回連続の戻交配によつて殆ど *C. maxima* の染色体となつたと考えられるから，上述の如き異常は異なる種の染色体と細胞質との間に平衡を欠くためと考えられる。これと類似の現象を Clayton (1950) が

Nicotiana debneyi に *N. tabacum* を連続交配した材料に観察している。今後これらの点につき研究する考えである。

文　　献

CASTETTER, E. F. (1930) : Species cross in the genus *Cucurbita*. Amer. Jour. Bot., 17 : 41〜57.

CLAYTON, E. E. (1950) : Male sterile tobacco. Jour. Hered., 41 : 171〜175.

ERVIN, A. T. and HABER, E. S. (1930). : Species and varietal crosses in Cucurbits. Iowa Agr. Exp. Stat. Bull., No. 263 : 343〜372.

早瀬広司 (1950) : 南瓜属の交雑に関する研究．I．種間交雑における花粉管の伸長，遺・雑., 25 : 181〜190.

——— (1951) : 栽培カボチャの染色体数，倍数性細胞並びに残存仁について，遺・雑., 26 : 41〜51.

——— (1954) : 南瓜属の交雑に関する研究 V. *Cucurbita maxima*×*C. moschata* のF_1に出現した1組の半数体双児，育・雑.，4 : 115〜121.

伊藤庄次郎 (1933) : 南瓜属作物の結実に関する実験，園芸之研究，29 : 116〜143.

———・中井元四郎 (1929) : 南瓜属作物の結実に関する実験（予報） 園芸之研究，24 : 126〜138.

門田寅太郎 (1942) : バッパードと雑子南瓜の一代雑種．農及園，17 : 768.

木村光雄 (1946) : 南瓜の種間雑種に就て．育種と農芸，複刊 1(5/6) : 152〜157.

西山市三 (1947) : テッカブトカボチヤ．農業朝日，2 (12) : 34〜35.

岡 博之 (1955) : *Cucurbita maxima* × *C. moschata* F_1のコルヒチン処理とその後代検定．日本育種学会第8回大会講演要旨 : 34〜35.

PEARSON, O. H., HOPP, R., and BOHN, G. W. (1951) : Notes on species crosses in *Cucurbita*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 57 : 310〜322.

WHITAKER, W. (1951) : A species cross in *Cucurbita*, Jour, Hered., 42 : 65〜69.

——— and BOHN, W. (1950) : A taxonomy, genetics, production and use of the cultivated species of *Cucurbita*. Econom. Bot., 4 : 52〜81.

——— and CARTER, F. (1946) : Critical notes on the origin and domestication of the cultivated species of *Cucurbita*. Amer. Jour. Bot., 33 : 10〜15.

山根仁文 (1952) : 南瓜属に於ける種間雑種の研究．第I報 *Cucurbita maxima* × *C. moschata* 及び逆交雑について．生研時報，5 : 94〜99.

——— (1953) : 南瓜属に於ける種間雑種の研究．第II報 F_1雑種 *Cucurbita moschata*×*C. maxima*について．生研時報，6 : 112〜116.

Résumé

1. The author investigated the reciprocal cross-compatibility between 5 varieties of *C. maxima* and 4 varieties of *C. moschata*. Two species could be crossed in reciprocal mating. When *C. maxima* was used as female parent, fruits containing more than 100 plump seeds were obtained. But when *C. moschata* was used as female parent, only a few fruits containing plump seeds were set and plump seeds in those fruits were small in number (Tables 1 and 2).

2. The hybrids of *C. maxima* × *C. moschata* were more vigorous than their parents, while some of their reciprocal hybrids died before attaining maturity and the others grew relatively or very slowly (Table 5). The hybrids set fruits readily when back crossed with the parental species. Such fruits usually contained only a small number of viable seeds (Tables 1 and 3). The hybrids were nearly male sterile (Table 4).

3. In a cytological study on the hybrids of *C. moschata* × *C. maxima*, the following results were observed.

(a) The mean frequency per cell was 0.40 for quadrivalent, 0.14 for trivalent, 18.57 for bivalents and 0.83 for univalent (Table 7).

(b) In the side views of MI, 51.1 per cent PMCS contained a few bivalent chromosomes with the remaining chromosomes scattered as univalents on the

spindle (Table 8). The irregular spindles, such as tripolar and Y-shaped, were often found.

(c) Low occurrence of balanced plates at MII was noticeable (Table 9).

(d) The irregular meiotic behaviour apparently gave rise to two to eight microcytes which came from a single pollen mother cell (Table 10).

(e) In addition to the irregular meiotic division, the degeneration of tapetal cells played an important rôle in pollen abortion as has also been observed in haploid squashes.

(f) Therefore, it can be concluded that the pollen produced in the hybrids was of poor quality (Tables 4, 11 and 12).

ほうれん草の開花，採種に及ぼす日長の影響†

花　岡　　保*

PHOTOPERIODIC RESPONSE OF SPINACH, IN RESPECT TO FLOWERING AND PRODUCTION OF SEED

By Tamotsu HANAOKA

I　緒　　言

ほうれん草 (*Spinacia oleracea* L.) はＬＬ植物[3]として知られ，夏季に於ける長日条件下に栽培せられると，抽苔し易いので，[2,3,4,5,6,7,8,9,10] 主として「キングオブデンマーク」[10]，「バイキング」等の如き晩抽苔系品種が推奨されている。しかしてこれら品種の採種は，わが国に於ては経済的に成立せず，輸入種のみに依存しているが，採種条件の工夫により自給が期待されるのである。筆者は1952年以来これら晩抽系品種の採種上問題の多い開花，結実と日長条件の関係について研究を行い，まず日長時間，特に暗期組入の必要性の有無，及び週期等に関し検討を加えた。ここに1952～1953年に亘る成績の一部を報告する。

II　供試材料並びに実験方法

實驗 I　全日長日と暗期組入長日の影響に関する春播実験（1952年春）

(1)　耕種梗概　ガラス室内のベット（3×10尺）を１区として，実験区数４を設け，土壌消毒を行つた床用土を深さ約６寸に塡充し，1952年５月10日に25×25cmに「キングオブテンマーク」及び「札幌大葉」を点播し，間引後１株立にした。灌水，中耕除草，薬剤撒布等の管理は適宜に行つた。

(2)　日長処理　日長処理は下記の通りで長日区２，短日区１，自然区１を設け，日長時間の増減処理は60ワット電球の照明，暗幕の使用で行つた。

処理区別　　　　　　略号

1.　11時間区　…………　$11^{h}l+13^{h}d$

2.　20時間区　…………　$20^{h}l+4^{h}d$

3.　24時間区　…………　$24^{h}l$

4.　自然区（日長約15時間）……C：$(15^{h}l+9^{h}d)$

(3)　供試材料　品種は「キングオブデンマーク」，「札幌大葉」の２品種を供用し，前者は輸入種，後者は琴似で前年隔離採種したものである。

(4)　実験経過　５月10日播種後，発芽は順調で，処理は７月13日に至るまで連続行つたが，立枯病が若干発生した。実験期間中に於ける各区平均温度は第１表のとおりである。

第1表　実験期間中に於ける各区温度（1952．春）

Table 1　The average temperature in each treatment during experient. (spring, 1952)

番号	処理区＼項目	温度（C°）最高	最低	平均	日長（時間）
1	$11^{h}l+13^{h}d$	30.0	15.4	22.7	11.
2	$20^{h}l+4^{h}d$	31.7	17.7	24.7	20.
3	$24^{h}l$	30.1	16.7	23.4	24.
4	C	30.0	15.0	22.5	約15.

實驗 II　全日長日と暗期組入長日の影響に関する秋播実験（1952年秋）

(1)　耕種梗概　実験 I の終了後，土壌の入替を行い，実験 I に準じ，９月30日，25×15cmに点播した。

(2)　日長処理　日長処理は短日区を除き下記の

---

† 本報の一部は昭和28年度園芸学会大会に発表した。

* 作物部園芸作物研究室

とおりである。

処理区別　　　　　略号

1. 20 時間区　……………$20^{h}l \quad 4^{h}d$
2. 24 時間区　……………$24^{h}l$
3. 自然区（日長約10時間）…C：($10^{h}l+14^{h}d$)

（3） **供試材料**　「キングオブデンマーク」，「札幌大葉」。

（4） **実験経過**　9月30日播種後，10月6日前後に順調に発芽し，処理は10月12日から12月18日に至るまで継続し，1月下旬に採種を終つたが，この間，立枯病の発生が相当に認められた。実験期間中に於ける各区平均温度は第2表のとおりである。

第2表　実験期間中に於ける各区温度（1952. 秋）

Table 2　The average temperature in experiment. (autumn, 1952)

番号	項目 処理区	温度（C°） 最高	最低	平均	日長（時間）
1	$20^{h}l+4^{h}d$	25.0	14.4	19.7	20
2	$24^{h}l$	23.8	14.0	18.9	24
3	C	23.8	13.1	18.5	約10

実験 Ⅲ　連続全日長日と隔日全長日処理との差異に関する春播実験（1953年春）

（1） **耕種梗概**　ガラス室内のベツドに前年同様に実験区を設け5月10日に15×15cmに「キングオブデンマーク」及び「ミンスターランド」を点播し，後1株立にした。

（2） **日長処理**　日長処理は下記のとおりで，処理操作は前年に準じて行つた。

処理区別

1. 11 時間区　………$11^{h}l+13^{h}d$
2. 隔日全長日区　………$24^{h}l$＋C：($39^{h}l+9^{h}d$)
3. 24 時間区　………$24^{h}l$
4. 自然区（日長約15時間）C：($15^{h}l+9^{h}d$)

（3） **供試材料**　「キングオブデンマーク」の輸入種及び「ミンスターランド」を供用した。

（4） **実験経過**　播種は前年同様5月10日に行い発芽，其後の生育，抽苔等は順調であつた。処理は7月13日で打切つたが，「短日区」はその後の生育についても調査した。

立枯病の発生は殆ど認められず，実験中に於ける平均最高温度は23.3° Cで前年より6.7°C低く最低温度は13.9° Cで1.1°C低く，従つて平均温度は18.6° Cで3.9°C低かつたが，各処理区間の温度差は前年と略同様で0.2～2.0° Cであつた。

なお花房分化並びに発育については，随時解剖顕微鏡で調査した。

實驗 Ⅳ　連続全日長日と隔日全長日処理との差異に関する秋播実験（1953年秋）

（1） **耕種梗概**　実験Ⅲの終了後，土壌の入替を行い，実験Ⅲに準じ，9月10日に点播した。

（2） **日長処理**　日長処理は実験Ⅲに準じ，下記のとおりである。

処理区別

1. 7 時間区（実験期の前半：11時間区）……$7^{h}l+17^{h}d$ ($11^{h}l+13^{h}d$)
2. 隔日全長日区　……$24^{h}l$＋C：($34^{h}l+14^{h}d$)
3. 24 時間区　……$24^{h}l$.
4. 自然区（日長約10時間）　……C：($10^{h}l+14^{h}d$)

（3） **供試材料**　「キングオブデンマーク」及び「ミンスターランド」は実験Ⅲ供用のもの，「札幌大葉」は実験Ⅰ及びⅡ供用のものを用い，「若草」及び「東湖」は奈良県農業試験場産のものを供試した。

（4） **実験経過**　発芽後の生育も順調で処理は発芽後直ちに行つたが立枯病の発生も比較的少なく2月に採種を終つた。この間に於ける平均最高温度は18.7 Cで前年より5.1°C低く，最低温度は14.0° Cで0.9° C高く，従つて平均温度は16.4° Cで2.1° C低かつたが，各処理区間の温度差は前年同様極く僅少であつたから表示を略した。

なお「7時間区」は10月までは11時間日長で，11月以降は7時間日長で処理した。

Ⅲ　実験成績並びに考察

實驗 Ⅰ　春播に於ける全日長日と暗期組入長日の影響

日長処理の作物の生育状況は第3表のとおりであるが，葉面積指数（葉長×葉巾）に於ては，「札幌大葉」と「キングオブデンマーク」の品種間に若干の傾向の差異はあつたが，概して「自然区」を除き「24時間区」が優れ，「20時間区」これに次ぎ「11時間区」は最もおとつた。葉数に於ては日長の長いほど多く，短日は最少の傾向にあつ

第 3 表　生　育　状　況　（1952年春）

Table 3　Comparison of growth-habits in each treatment. (spring, 1952)

品種名	区別	葉数 6月9日	葉数 6月30日	葉面積指数（葉長×葉巾） 6月9日	葉面積指数（葉長×葉巾） 6月30日	茎長（cm） 6月9日	茎長（cm） 6月30日	抽苔率（%） 6月9日	抽苔率（%） 6月30日
札幌大葉	1. $11^{h}l+13^{h}d$	5.2	14.8	14.74	38.61	0	0	0	0
	2. $20^{h}l+4^{h}d$	7.8	24.5	30.74	40.30	5.1	32.0	75.0	100.0
	3. $24^{h}l$	8.3	33.6	40.59	60.68	9.2	56.5	100.0	100.0
	4. C	7.3	26.8	20.25	45.98	1.7	30.2	66.6	100.0
キングオブデンマーク	1. $11^{h}l+13^{h}d$	4.6	10.6	11.40	23.78	0	0	0	0
	2. $20^{h}l+4^{h}d$	5.9	31.0	19.80	45.51	0.3	37.0	14.2	100.0
	3. $24^{h}l$	6.6	32.3	29.95	66.60	0.6	48.0	14.2	100.0
	4. C	5.7	21.6	27.30	103.32	0	4.2	0	53.3

第 4 表　抽苔，開花並びに結実の状況

Table 4　Days from sprouting to seed-stalk appearance and yield of seeds.

品種名	区別	抽苔（月 日） 始	抽苔（月 日） 期	抽苔（月 日） 揃	開花（月 日） 始	開花（月 日） 期	発芽期から抽苔期に至る日数（日）	抽苔♀株に対する採種株率（%）	採種量（1株当g）	札幌大葉自然区を100とした指数（%）	札幌大葉を100とした指数（%）
札幌大葉	1. $11^{h}l+13^{h}d$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2. $20^{h}l+4^{h}d$	6. 2	6. 7	6.12	6.10	6.16	20	20	0.20	7.0	100.0
	3. $24^{h}l$	5.31	6. 3	6.7	6.8	6.13	16	75	2.53	88.8	100.0
	4. C	6. 4	6.12	6.14	6.12	6.17	25	82	2.82	100.0	—
キングオブデンマーク	1. $11^{h}l+13^{h}d$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2. $20^{h}l+4^{h}d$	6. 9	6.14	6.25	6.17	6.26	27	33	0.10	3.5	50.0
	3. $24^{h}l$	6. 8	6.12	6.17	6.17	6.24	25	67	1.68	59.6	66.4
	4. C	6.19	7.30	—	7.30	8.7	73	0	—	—	—

た。長日により生育は概ね促進するが，これは照明により炭素同化物質の増加の関係[1)]が一因として考えられる。

茎長並びに抽苔率については「24時間区」は最も優れ「20時間区」はこれにつぎ，短日の「11時間区」に於ては抽苔は認められなかつた。この傾向は第4表の抽苔，開花期に於ても認められ，概して「札幌大葉」は「キングオブデンマーク」に比し抽苔は速かで，組入された暗期が長くなるほど抽苔は遅くなり，又「キングオブデンマーク」の「自然区」は7月中は抽苔が認められなかつた。

採種量に於ては，「キングオブデンマーク」は「札幌大葉」の50〜66.4％を示し，区間では「24時間区」が「20時間区」に比し良好であつた。又「キングオブデンマーク」の「24時間区」の採種量は「札幌大葉」の「自然区」に比し約60％に相当する。

晩抽系ほうれん草は採種に当り，開花，結実に亘る生育中で，まず抽苔が一斉に促進されることが必要であろうが，又採種量の多収を望めば，単に結実が促進されるばかりでなく，栄養生長量もある程度平衡的でなければ良好な成果は期し難いように思われる。この点「札幌大葉」に於て，生育，抽苔は長日処理により促進されながら，採種量の特に増加していないのは，開花後，結実までに葉部脱落が早くみられ，栄養生長との平衡が失われた結果と思われ，他方，晩抽系「キングオブデンマーク」は長日処理によつてもなお平衡が持

続され，結実に至つたものと思われる。又「20時間区」は4時間の暗期が組入せられているが，抽苔促進の割に葉面積指数は促進せず，本実験の範囲内では晩抽系ほうれん草に対し暗期の組入は不要のようであり，「札幌大葉」程度の抽苔性の中度の品種に於ては「自然区」に於て順調な採種が認められる点から「9時間」程度の暗期の存在が意義あるように考えられる。抽苔促進に関係ある条件として日長以外に温度等[2),6),9)]も考慮の要があるが，本実験中程度の範囲では特に考慮の要は少ないようである。



第1図　短日区と自然区の比較
上．短日区　下．自然区
1　札幌大葉　2．キングオブデンマーク

Fig. 1 Comparison of the plants, growing in short day treatment and in check plot.
1. Sapporo Ohba.　2. King of Denmark.

なお「札幌大葉」の「11時間区」は第1図のとおり，矮生となり，葉色は濃厚で，葉面は外方に反転し，形態的に「キングオブデンマーク」の「自然区」と甚だ近似したが，葉の肥厚，紅色色素の集積等[1)]は特に認められなかつた。

供試作物は7月14日以降に処理は行わなかつたが，「短日区」の作物はその後約30日を経過した8月13日に第2，第3図のような様相を呈した。即ち「札幌大葉」は多数の小茎が群生し，小葉の着生が極めて多くなつた。他方「キングオブデンマーク」は矮生で，生育は停止した如く，殆ど変化は認められなかつた。[7),8)]短日区に於ける作物の分枝の形成については，従来の報告[6)]と一致したが，抽苔性の高い品種ほどこの傾向は強いように思われる。

しかして「自然区」の「キングオブデンマーク」は8月13日に至り遅々とした花房の抽出が認められたが結実するに至らなかつた。

實験Ⅱ　秋播に於ける全日長日と暗期組入長日の影響

日長処理が，作物の生育に及ぼす影響については，第5表のとおりであるが，「自然区」は秋播のため，実験Ⅰの場合と異り短日となつた。

葉面積指数は「24時間区」は「20時間区」に勝り，「自然区」は低いが，「キングオブデンマーク」の「自然区」は「20時間区」に優つた。葉数は「24時間区」が「20時間区」に優つたが，後期に逆となり，これは「24時間区」に於て下葉から落葉した結果と思われるが，特に著しい差はなく，「自然区」は終始最も少なかつた。茎長，抽苔率，抽苔期等については第5，第6表のとおりであるが，長日処理は，抽苔，開花を促進し，特に「札



第2図　短日から長日に移して30日後の札幌大葉

Fig. 2 The effects of long photoperiod for 30 days on Sapporo Ohba, moved from short day treatment.



第3図　短日から長日に移して30日後のキングオブデンマーク

Fig. 3 The effect of long photoperiod for 30 days on King of Denmark, moved from short day treatment.

第 5 表　生　育　状　況　(1952年秋)

Table 5 Comparison of growth-habits in each treatment. (autumn, 1952)

品種名	区別	葉数 11月11日	葉数 12月10日	葉面積指数(葉長×葉巾) 11月11日	葉面積指数(葉長×葉巾) 12月2日	茎長(cm) 11月11日	茎長(cm) 12月10日	抽苔率(%) 11月11日	抽苔率(%) 11月21日	抽苔率(%) 12月2日
札幌大葉	1. $20^{h}l+4^{h}d$	5.2	12.6	11.92	37.17	0.44	21.66	33.3	75.0	100.0
	2. $24^{h}l$	5.6	12.0	22.90	52.65	1.27	22.58	57.4	92.9	100.0
	3. C	4.2	9.4	11.93	21.81	0	0	0	0	0
キングオブデンマーク	1. $20^{h}l+4^{h}d$	3.6	10.5	10.25	30.98	0	15.47	0	51.9	100.0
	2. $24^{h}l$	4.1	9.6	16.31	41.85	0.26	20.10	12.1	57.9	100.0
	3. C	4.3	7.4	13.14	33.60	0	0	0	0	0

第 6 表　抽苔，開花並びに結実の状況

Table 6 Days from sprouting to seed-stalk appearance and yield of seeds.

品種名	区別	抽苔(月日) 始	抽苔(月日) 期	抽苔(月日) 揃	開花(月日) 始	開花(月日) 揃	発芽期から抽苔期に至る日数(日)	♀株に対する採種株率(%)	採種量(一株当g)	結実期に於ける茎重(g)
札幌大葉	$20^{h}l+4^{h}d$	11.10	11.15	11.23	11.26	12. 8	40	75.0	0.27	9.0
	$24^{h}l$	11. 5	11.10	11.17	11.21	12. 2	35	52.3	0.17	10.6
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
キングオブデンマーク	$20^{h}l+4^{h}d$	11.12	11.17	11.25	11.30	12.11	42	0	—	—
	$24^{h}l$	11.11	11.14	11.21	11.25	12. 5	39	41.7	0.03	6.4
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—

幌大葉」の場合速かであるが，長日処理区間では「全日長日」が「20時間区」より更に速かである。

採種量については，両品種共に僅少であり，又品種間に傾向は一致しないが，概して「全日長日」は「暗期組入長日」より栄養生長，抽苔，開花，結実等に有利と考えられ，暗期の組入は晩抽苔系品種の採種上には特に必要は認められない。然し「札幌大葉」の如きやや抽苔性の高い品種に於ては，春播に於ける「自然区」程度の9時間前後の暗期とか，秋播に於ける4時間前後の暗期が，採種上或いは必要かと思われる。

以上のように実験Ⅱは実験Ⅰと略同傾向を示したが，秋播は春播に比し抽苔に多くの日時を要している。これは秋播実験期間に於ける低温度，特に10月に於ける低温とか秋から冬季に亘る間の日照の低下等が一因として影響していると考える。

實驗Ⅲ　春播に於ける連続全日長日と隔日全長日の影響

前年は晩抽系品種の採種に対して，全日長日が効果的であることが明らかになつたので，更に日長周期48時間に於ける1回の自然暗期組入区の影響につき実験したが，花房分化に及ぼす日長処理の影響は第7表のとおりである。即ち長日は花房分化を促進し，その程度は「24時間区」，「隔日全長日区」，「自然区」，「11時間区」の順であるが，品種間差異は顕著で「ミンスターランド」は「キングオブデンマーク」より速かに分化した。即ち発芽期以後より抽苔期に至る日数は「ミンスターランド」は7～12日，「キングオブデンマーク」は19～35日を示した。「11時間区」に於ては花房分化は両品種共に殆ど認められず，「ミンスターランド」に於ては花房分化始と思われる生長点の周囲に分枝分化が認められるに至つた。

従来の研究[3),4),5),6)]によれば，花房分化期は日長，播種期，品種差等により比較的影響は少ないと報ぜられているが，供試品種に「キングオブデンマーク」

第7表　花　房　の　分　化

Table 7　The flower-stalk differentiation.

品種	項目 / 区別	調査月日 5.19	5.22	5.26	5.30	6. 2	6. 5	6.16	6.30	推定花房分化期（月日） 分化始	分化期	分化摘	花房分化に至る日数 (播種より)	(発芽より)	分化始より摘に至る日数
ミンスターランド	1. $11^{h}l+13^{h}d$	×	×	×	×	×	×	×	△⊛	—	—	—	—	—	—
	2. $24^{h}l+C$	×	△	○—	○—	○—	○—	◉	◉	5.22	5.24	5.26	14	8	5
	3. $24^{h}l$	×	△	○—	○—	○—	○—	◉	◉	5.19	5.23	5.25	13	7	7
	4. C	×	×	△	○	○	○—	○—	◉	5.26	5.28	5.30	18	12	5
キングオブデンマーク	1. $11^{h}l+13^{h}d$	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—
	2. $24^{h}l+C$	×	△	△	△	○—	○—	○—	◉	5.22	5.27	6. 2	17	19	12
	3. $24^{h}l$	×	△	△—	△—	○—	○—	○—	◉	5.22	5.27	6. 2	17	19	12
	4. C	×	×	×	×	×	×	△	○—	6.15	6.22	6.30	43	35	16

備考　×花房未分化，　△花房分化始，　○花房分化，　一茎部伸長，　◉開花
⊛不抽苔株の生長点の周囲に於ける分枝分化

第8表　花　房　の　発　育

Table 8　The flower-stalk development.

品種	花房の大きさ / 区別	5月26日 横(A)	縦(B)	5月30日 A	B	6月2日 A	B	6月5日 A	B	6月16日 A	B	6月30日 A	B
ミンスターランド	1. $11^{h}l+13^{h}d$	135	81	197	141	200	147	204	150	216	161	216	170
	2. $24^{h}l+C$	262	316	468	576	710	730	1064	1027	—	(22.8)	—	(49.7)
	3. $24^{h}l$	297	333	495	776	705	920	1027	1289	—	(20.0)	—	(44.2)
	4. C	224	224	360	370	660	700	700	1297	—	(12.6)	—	(37.3)
キングオブデンマーク	1. $11^{h}l+13^{h}d$	135	81	143	73	203	149	216	162	216	162	216	170
	2. $24^{h}l+C$	162	108	297	251	297	297	297	297	—	(1.6)	—	(15.1)
	3. $24^{h}l$	135	81	243	189	406	378	406	433	—	(3.7)	—	(20.0)
	4. C	135	81	162	136	162	135	162	140	189	176	—	(0.5)

備考　(　)内は普通調査に於ける測定値，単位はcm.

第9表　生　育　状　況　(1953年春)

Table 9　Comparison of growth-habits in each treatment. (spring, 1953)

品種名	項目 / 区別	葉数 6月5日	6月25日	葉面積指数（葉長×葉巾） 6月5日	6月25日	茎長（cm） 6月5日	6月25日	抽苔率（%） 6月5日	6月15日	6月25日
ミンスターランド	1. $11^{h}l+13^{h}d$	6.0	19.0	26.46	54.54	0	0	0	0	0
	2. $24^{h}l+C$	8.4	43.5	28.08	54.06	3.2	49.7	75.0	100.0	100.0
	3. $24^{h}l$	7.0	36.0	17.92	31.92	4.3	44.2	100.0	100.0	100.0
	4. C	6.3	52.5	32.76	79.95	0.4	37.3	15.0	100.0	100.0
キングオブデンマーク	1. $11^{h}l+13^{h}d$	3.7	11.0	10.50	62.54	0	0	0	0	0
	2. $24^{h}l+C$	4.8	19.6	16.64	88.75	0	15.1	0	42.9	100.0
	3. $24^{h}l$	4.4	16.2	9.43	49.00	0	20.0	0	91.7	100.0
	4. C	4.6	12.7	24.60	101.12	0	0	0	0	0

第 10 表　抽苔，開花並びに結実の状況

Table 10　Days from sprouting to seed-stalk appearance and yield of seeds.

品種名	区別 ＼ 項目	抽苔(月日) 始	抽苔(月日) 期	抽苔期に於ける 葉長(cm)	抽苔期に於ける 葉数	開花(月日) 始	開花(月日) 期	発芽期から抽苔期に至る日数(日)	採種量(1株当g)	24hl区を100とした指数(%)	ミンスターランドC区を100とした指数(%)	結実期に於ける茎重(g)
ミンスターランド	1. 11hl+13hd	—	—	—	—	—	—			—	—	—
	2. 24hl+C	5.25	6. 4	13.8	7.9	6.13	6.20	35	1.03	149.2	60.2	4.77
	3. 241	5.21	6. 1	9.3	5.9	6.11	6.20	35	0.69	100.0	40.4	2.11
	4. C	6. 5	6.14	22.5	8.7	6.19	6.26	41	1.71	247.8	100.0	4.29
キングオブデンマーク	1. 11hl+13hd	—										—
	2. 24hl+C	6. 2	6.15	14.4	11.1	6.27	7. 6	51	1.00	120.5	58.5	7.70
	3. 241	5.24	6.13	12.1	7.8	6.25	7. 5	50	0.83	100.0	48.5	2.67
	4. C	6.27	—	—	—	7. 4	—	—	—	—	-	—

の如き晩抽系品種を供用したり，日長時間を大巾に変化させると相当に顕著な差異が認められるようである。

花房分化後に於ける処理区間の花房発育の差異については第 8 表のとおりであるが，花房分化の遅速と略同様の傾向を示し，花房分化の早い区ほど，その後の花房発育は他区より速かに行われるようである。なお花房発育と性との関係について[3),4),11)]は概して雄性株が発育が良好のようであるが，晩抽系については個体差が大で一概にいえないように思われる。

次に茎葉部の生長については第 9 表のとおりであるが，葉面積指数は両品種共「自然区」が最大で，「隔日全長日区」これに次ぎ，「24時間区」が最小を示した。葉数では長日区が何れも初期に多く，後期に下部葉が枯凋したため「自然区」の方が順調な増加を示している。

抽苔，開花，並びに結実については，第 9，第 10 表のとおりであるが，抽苔，開花は花房分化と同様に「24時間区」,「隔日全長日区」,「自然区」の順で行われ，「11時間区」に抽苔，開花は認められず，又「キングオブデンマーク」の「自然区」に於て殆ど抽苔，開花に至らず，僅少ながら開花に至つた株も結実するに至らない。

採種量は「ミンスターランド」に於て (長日区) は「自然区」に及ばなかつたが,「隔日全長日区」は「24時間区」に比し遥かに優つた。「キングオブデンマーク」の「隔日全長日区」は「ミンスタ

第 11 表　初生葉と成葉の関係及び葉色の変化

Table 11　Relation between the development of primary and matured leaves and amounts of the chlorophyl.

品種	区別 ＼ 項目	5月26日 全葉数	5月26日 成葉数	5月26日 同指数	6月5日 全葉数	6月5日 成葉数	6月5日 同指数	粗葉緑素量 mg/L 6月8日	6月15日	6月25日	7月15日
ミンスターランド	1. 11hl+13hd	8.0	2.9	36.3	19.7	6.0	30.5	99.8	117.9	40.4	30.9
	2. 24hl+C	9.7	3.5	36.0	13.7	8.4	61.3	75.0	81.5	19.3	—
	3. 24hl	9.7	2.9	29.9	12.3	7.0	56.9	56.8	61.8	19.8	—
	4. C	9.3	3.4	36.6	16.7	6.3	37.7	92.5	84.0	38.1	28.3
キングオブデンマーク	1. 11hl+13hd	8.0	1.7	21.3	10.0	3.7	37.0	167.1	70.9	36.8	35.9
	2. 24hl+C	10.0	1.5	15.0	13.0	4.8	36.9	84.3	62.6	37.7	28.2
	3. 24hl	9.7	1.1	11.2	15.0	4.4	29.3	96.2	47.5	35.9	12.8
	4. C	8.3	1.9	22.9	18.0	4.6	25.7	122.8	157.3	43.1	40.8

ーランド」の「自然区」を100とすれば58.5の収量を示しているから，隔日全日照明が晩抽系品種の採種上に好影響を与えている。これは「24時間区」と「隔日全長日区」は抽苔促進度に比較的大差がないのに，「隔日全日区」は隔日に自然暗期が組入せられ，葉面積指数の差異が示すように栄養生長面に好影響がもたらされ，[1]ひいては結実量に影響したものと考えられる。

抽苔に伴い初葉の分化は殆ど中止されるが，[4]成葉数と初生葉数との関係に及ぼす日長の影響については，第11表のとおりである。

生育初期の5月26日に於ては全葉数に対する成葉率は「自然区」及び「11時間区」が（長日区）に優つたが，6月5日に至り逆の傾向となつた。これは「自然区」及び「11時間区」は初生葉の生成と，初生葉から成葉への生育が平行的に行われる結果，成葉率が比較的変化しないのに対し，「長日区」は抽苔に伴い初生葉の生成よりは，初生葉から成葉への成育が旺盛なため，その平行が失われて比率が上昇したものと思われる。従つて抽苔の少ない「ミンスターランド」の「11時間区」並びに「キングオブデンマーク」の「自然区」等は

第12表　短日に於ける第二次葉の着生

Table 12 The formation of the secondary leaves in short photoperiod.

項目 / 品種	成葉数				1株平均着生分枝数	第2次葉数(分枝毎)					肥大茎部直径（A）		茎，根中間部の太さ（B）	
	6月16日	6月30日	7月15日 第1次葉	7月15日 第2次葉		1.	2.	3.	4.	其他	6月30日	7月15日	6月30日	7月15日
ミンスターランド	11.3	19.0	23.3	26.5	5.5	8.8	6.9	6.3	3.5	1.0	mm 8.2	mm 12.4	mm 5.3	mm 5.6
キングオブデンマーク	7.0	11.0	17.7	0	0	—		—		—	8.0	11.1	5.1	5.6

第13表　主茎と分枝の比較

Table 13 Comparision of the development of apical and of branched flower-stalk.

項目 / 部位	葉数 成葉	葉数 初生葉	葉数 計	最長葉長 (cm)	分枝茎長 (mm)	花房の大きさ (μ) 横	花房の大きさ (μ) 縦	花房分化の状況
主茎部	40(7)	11	51	19.4	16.0	541	622	○
分枝其の 1	15	14	29	6.4	24.9	270	324	○
2	14	12	26	7.7	16.3	162	216	○
3	12	12	24	5.6	21.2	297	270	○
4	8	16	24	3.7	21.5	216	216	○
5	7	15	22	7.2	17.0	270	216	○
6	5	12	17	7.8	18.5	216	216	○
7	3	11	14	2.2	10.0	541	811	○
8	3	11	14	2.1	12.4	622	649	○
9	2	13	15	2.1	3.0	216	216	○
10	2	13	15	2.1	1.8	216	216	○
11	2	10	12	1.7	2.6	270	351	○
12	2	8	10	1.7	3.1	324	351	○
13	2	6	8	1.4	7.5	622	819	○
14	2	6	8	1.1	6.3	460	541	○
15	1	5	6	1.3	5.3	541	622	○
16	1	5	6	0.9	3.0	406	406	△
17	1	5	6	0.8	0	121	101	×
18	1	5	6	0.6	0	90	72	×

備考 1．（ ）内は枯葉数　2．初生葉数は検鏡による　3．○花房分化，△分化始，×未分化

全葉数が増加し，他区を凌駕した。

日長処理が茎葉部の色沢に及ぼす影響については，anthocyan の生成[1)]は特に多いとは認められないが，葉緑葉量に著しい変化を認めた点は実験Ⅰ，及びⅡと同様である。第11表によれば，「長日区」は「自然区」に比し淡緑色を呈し，（短日区）は逆に濃緑色となつた。然し「キングオブデンマーク」の「11時間区」が「自然区」に比しやや淡色となつた点は前年の傾向と反する。これは供試材料の系統が異るため抽苔性，葉色等に若干の相違が存する結果ではないかと思われる。

「11時間区」に於ける「ミンスターランド」は茎部伸長が認められず，葉の着生基部は肥大し，塊茎状を呈し，6月下旬にその直径は 8.0～8.2 mm になり，肥大部の上面の葉柄着生基部の内側に第2次分枝の分化が認められ，7月中旬に至り分枝分化は殆ど全株に及んだ。以上は実験Ⅰ及びⅡに於ても認められたが，本実験に於ける状況は第12表のとおりである。即ち「ミンスターランド」の第1次葉は 20～25 枚，第2次葉は 4～9 枚ずつ 4～7 箇位の分枝生長点を中心に着生し 20～50 枚に達している。「キングオブデンマーク」に於てはかかる現象は認められない。

「ミンスターランド」の分枝株を短日から長日条件に変えて約30日を経過した場合の状況は第13表のとおりである。主茎，分枝共に花房分化，発育及び茎の伸長が行われ，小茎が群生して開花するに至り，主茎と分枝間の抽苔，開花に関する差異は認められない。この状況については既に実験Ⅰに於ける「札幌大葉」で第2図により示したが，「ミンスターランド」に於ても同様の状態が観察出来た。

第 14 表　生　育　状　況　（1953年秋）

Table 14　Comparison of growth-habits in each treatment. (autumn, 1953)

区別	項目 / 品種名	葉数 11月10日	葉数 12月10日	葉面積指数（葉長×葉巾） 11月10日	葉面積指数（葉長×葉巾） 12月10日	茎長 (cm) 10月10日	茎長 (cm) 11月10日	茎長 (cm) 12月10日	抽苔率 (%) 10月10日	抽苔率 (%) 11月10日	抽苔率 (%) 12月10日
1	1. 若草	13.4	23.0	47.50	80.60	0	0	0.6	0	0	16.7
$7^{h}l+17^{h}d$	2. 東湖	13.0	38.0	55.08	109.35	0	0	0	0	0	0
	3. 札幌大葉	10.4	21.6	47.17	61.44	0	0	0	0	0	0
	4. ミンスターランド	16.7	48.4	52.38	66.56	0	0	0	0	0	0
	5. キング オブ デンマーク	8.2	13.7	30.24	40.80	0	0	0	0	0	0
2	1. 若草	19.9	62.3	88.20	88.40	0.3	15.1	66.9	26.7	100.0	100.0
$24^{h}l+C$	2. 東湖	21.5	71.7	88.32	83.84	0	26.1	78.2	0	100.0	100.0
	3. 札幌大葉	12.3	25.7	88.33	98.04	0	6.1	39.4	22.2	86.7	93.3
	4. ミンスターランド	23.9	58.3	104.00	113.71	0	3.5	10.6	0	50.0	80.6
	5. キング オブ デンマーク	8.3	14.6	60.18	80.60	0	1.7	4.8	0	53.3	75.0
3	1. 若草	32.1	31.8	34.56	31.32	2.3	64.4	60.7	100.0	100.0	100.0
$24^{h}l$	2. 東湖	22.6	28.3	31.92	34.44	1.1	58.6	72.5	73.3	100.0	100.0
	3. 札幌大葉	18.6	48.9	43.12	42.72	1.0	39.1	61.0	65.0	100.0	100.0
	4. ミンスターランド	26.9	39.7	39.60	41.83	1.0	51.6	74.4	66.7	100.0	100.0
	5. キング オブ デンマーク	11.9	24.5	35.10	44.80	0.4	19.0	40.6	36.7	100.0	100.0
4	1. 若草	15.1	35.0	79.86	98.28	0	0.2	0.3	0	5.1	8.3
C	2. 東湖	14.1	33.5	122.31	135.85	0	0	0.3	0	0	16.7
	3. 札幌大葉	11.2	20.3	84.24	114.00	0	0	0	0	0	0
	4. ミンスターランド	15.7	31.6	88.90	83.25	0	0	0	0	0	0
	5. キング オブ デンマーク	8.3	13.5	44.52	47.88	0	0	0	0	0	0

第 15 表　抽苔，開花並びに結実の状況

Table 15 Days from sprouting to seed-stalk apprerance and yield of seeds.

区別	品種名 ＼ 項目	抽苔（月日） 始	抽苔（月日） 期	開花（月日） 始	開花（月日） 期	発芽期から抽苔期に至る日数（日）	結実期に於ける1株当 採種量（g）	結実期に於ける1株当 茎重（g）
1. 7hl+17hd	1. 若草	12. 7	1. 4	—	—	108	—	—
	2. 東湖	12.30	1.25	—	—	129	—	—
	3. 札幌大葉	—	—	—	—	—	—	—
	4. ミンスターランド	—	—	—	—	—	—	—
	5. キング オブ デンマーク	—	—	—	—	—	—	—
2. 24hl+C	1. 若草	10. 8	10.14	11. 9	11.26	26	2.00	7.3
	2. 東湖	10.11	10.17	11. 3	11.12	29	1.40	7.6
	3. 札幌大葉	10.11	10.27	12.25	12.30	40	1.70	8.1
	4. ミンスターランド	10.13	11. 1	11. 4	12.15	46	2.60	10.2
	5. キング オブ デンマーク	10.13	11. 6	—	—	49	0.35	3.0
3. 24hl	1. 若草	10. 4	10. 8	10.23	11. 1	23	0.75	3.3
	2. 東湖	10. 6	10.10	10.23	11. 2	22	0.75	2.9
	3. 札幌大葉	10. 5	10.10	10.27	11. 8	22	0.58	3.8
	4. ミンスターランド	10. 4	10. 9	10.23	11. 1	23	0.68	3.0
	5. キング オブ デンマーク	10. 7	10.12	10.14	11. 6	24	0.30	2.9
4. C	1. 若草	10.24	1. 2	—	—	106	—	—
	2. 東湖	12. 8	1. 2	—	—	106	—	—
	3. 札幌大葉	—	—	—	—	—	—	—
	4. ミンスターランド	—	—	—	—	—	—	—
	5. キング オブ デンマーク	—	—	—	—	—	—	—

實驗Ⅳ　秋播に於ける連続全日長日と隔日全長日の影響

実験Ⅲと同様の処理区を設け，供試品種を多くして秋播に於ける影響を検討した結果は第 14，15 表のとおりである。品種間に於て「自然区」に見られる以外の差異はあまり認められないが，品種を通じて処理区間差が認められ，実験Ⅲと略同一の傾向を示している。

「24時間区」と「隔日全長日区」を比較すると，抽苔促進度に比較的差異の少ない割合に,「隔日全長日区」の栄養生長は良好であり，採種量も秋播のため春播より良くないが，「24時間区」に比して効果的であつた。「自然区」が短日になつたため「11時間区」と略同結果を示したが，生育前半に於ける短期間の長日が，後半に於ける抽苔に影響していること[7]が認められる。

「短日区」に於て，12 月 10 日に「若草」の抽苔が認められたが，従来の報告[2),3),4),6)]によれば日長12時間以上でなければ茎部伸長が認められないようである。本実験の処理に誤差がなければ若草のような抽苔系品種の抽苔限界が12時間より若干の差異があり[9),10)]，又他の条件[9)]が関与して抽苔に至つたことも考えられる。然し実験装置が精密といい難く，処理操作の不備による結果であろう。

採種量の減少については秋播による日照量の低下やガラス室内の高温等が影響したと考えられるから，晩抽系品種の採種は春播により，隔日全日処理を行えば相当量の生産が可能となろう。

摘　　要

1．晩抽苔系品種の抽苔，開花及び結実に及ぼす日長処理の影響を知るため，日長時間，特に暗

期組入の必要性の有無並びに周期等につき1952～1953 年に亘り実験を行つた。

2. 長日処理は晩抽系品種の花房分化及び発育，抽苔，開花並びに結実を促進するが，日長周期を24時間として考察すれば，採種上，全日長日が最も有利で，暗期の組入は不要である。

3. 周期を 48 時間として，連続全長日と隔日全長日を比較すると，隔日毎に 1 回の自然暗期が組入される隔日全長日の方が好結果を示し，普通品種の結実量の約 60 %を確保出来る。

4. 抽苔性中度の「札幌大葉」及び「ミンスターランド」等に於ては春播に於ける約 15 時間前後の自然日長が最も適するようである。

5. 秋播作物に対し春播同様の長日処理を行つても，抽苔，開花は遅れ，採種量は減少する傾向がある。温度，日照光度等が減収に原因すると思われる。

6. 長日下の作物の茎葉は概して淡緑となり，短日下では矮生，濃緑色を呈するが，特に紅色色素の生成が多い傾向は認められない。

7. 抽苔性中度の品種は短日区に於て分枝分化並びに第 2 次葉の生成が認められ，晩抽系品種に於ては以上の現象は見られない。

8. 早抽系品種の「若草」，「東湖」等に於ても日長処理の影響は他の品種と殆ど同傾向を示し，短日下に於ける分枝現象は顕著であつた。

本実験を行うに当り，御指導を戴いた作物部長吉野至德，園芸研究室長宮下揆一両技官に深謝の意を表し，併せて協力を得た研究室員伊藤和夫氏に感謝する。

参 考 文 献

1. 浅沼喜道 (1934)：日長時間の長短が朝顔の生育開花に及ぼす影響に就いて 園芸学研究集録 No 1.：206～234.

2. BOSWELL, V. R. (1934)：A study of the temperature, day length, and development interrelationships of spinach varieties in the field. Proc. Amer. Scc. Hort. Scien., 32：549～557.

3. 江口庸雄 (1939)：植物の花芽分化前と分化後に於ける日照時間に対する反応の研究 千葉高等園芸学校 学術報告，4：1—112.

4. ・市川秀男 (1939)：菠薐草の花芽分化と抽苔に関する研究 園芸学会雑誌，11 (1)：13～56.

5. 井上頼数・渋谷正夫・鈴木芳夫 (1949)：春播菠薐草の花芽分化と抽苔開花，並に性に関する研究 育種と農芸，4 (10)：375～380.

6. 岩間誠造・浜島直己・甕淳・梶田貞義 (1954)：標高と蔬菜類の生態 (第8報) 夏出し菠薐草の抽苔を中心として 園芸学会雑誌，22 (4)：217～222.

7. KNOTT, J. E., (1932)：Rapidity of response of spinach to change in photoperiod. Pl. Physiol., 7：125～130.

8. ———— (1934)：Effect of localized photoperiod on spinach. Proc. Amer. Soc. Hort., Scien., 31：152～154.

9. ———— (1939)：The effect of temperature on the photoperiodic response of spinach. Cornell Univ. Agr. Exp. Stat., Mem., 218：1～38.

10. MAGRUDER, R. and H. A. ALLARD, (1937)：The effect of controlled photoperiod on the production of seed stalks in eight varieties of spinach. Proc. Amer. Soc. Hort. Scien., 34：502～506.

11. NICOLAISEN, N. u. R. HANOW. (1940)：Bestimmung der Geschlechtsverhältnisse bei Spinat. Zeitshr. f. Pflanzenzücht., 23 (3)：476～484.

Résumé

1. The author studied on the photoperiodic response of spinach, especially in connection with its flowering and seed-setting in 1952 and 1953. The following results were obtained.

2. Under the long photoperiod spinach varieties showed visible flower-stalk differentiation, development and elongation, and began rapid blooming and seed-setting. But there was no sign of seed-stalk formation in the plants under the short day. (Fig 1)

3. To set the good seeds in "King. of

Denmark", the natural darkness in 48 hours intervals (the combination of the treatment of 24 hour long photoperiod and natural day-length every other day) was more effective than the continuous light, the 20 hour photoperiod or the natural day-length.

4. "Sapporo-ohba" and "Minsterland" made good production of seeds under the natural day-length in spring (about 15 hour day), but in other treatments they yielded poor seed-production.

5. In general, under the same day condition, the crops planted in spring were stronger than the autumn-planted spinach for seed-setting growth. It might be supposed that some factors more than day length, temperature, and total heat may be effective to the vegetative and reproductive growth for seed-production.

6. Under the short day, "Sapporo-Ohba" and "Minsterland" showed branched flower-stalk differentiation with the secondary growing leaves around the apical growing point. Then "King of Denmark" showed no such a sign, and "Wakakusa" and "Tohko" showed more early responses.

As illustrated in Figs. 2 and 3, such responses were made more visible by elongation of many flower-stalks when plants were moved from the short day to the natural, long phtoperiod.

種子の溫度處理に關する研究

第1報　アスパラガス種子の發芽に及ぼす溫度處理の効果

小　餅　昭　二*

STUDIES ON TEMPERATURE TREATMENTS OF SEEDS
I. EFFECTS OF TEMPERATURE TREATMENTS ON GERMINATION OF GARDEN ASPARAGUS SEEDS

By Shoji KOMOTI

まえがき

アスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) 種子は発芽日数がきわめて長く，1954年のような低温の年では，当試験場圃場に5月上旬播種した種子が地上に芽を出すまでに40日以上もかかり，発芽も不揃いであつた。

アスパラガス種子の発芽については BORTHWICK (1925) がくわしく報告している。それによればアスパラガスの最適発芽温度は25°～30°Cで，この温度では収穫直後の種子もよく発芽するから休眠性はないという。しかし温度が低くなると発芽は悪くなり，10°Cでは10日後でもまつたく発芽しない。このような種子に対して，播種前にいろいろな温度と時間で浸水処理を行うと，実験室と圃場のいずれの条件でも，適当な浸水処理が発芽を早めることを確かめ，30～35°Cで3～5日間浸水してから播種することをすすめている。しかし早春の播種では浸水処理した種子が50%発芽するまでに40日前後もかかつているのであるから，浸水処理はアスパラガス種子の発芽が悪い原因の一部をのぞくことになつたとしてもまだ不充分なものといえよう。

このようにアスパラガス種子の最低発芽温度が高く，低温での発芽がきわめて悪いことは，とくに北海道のように春の地温が低い土地での栽培家にとつて好ましいことではない。何とかして低温でも良く発芽するようにできないものか。

筆者はこの点を調査しようとして実験を行つたところ，温度処理がアスパラガス種子の発芽を高める上に効果があることを確かめるとともに，休眠種子との関連を見出したのでここに報告する。

材料と方法

種子は当試験場圃場で栽培しているアスパラガス品種「瑞洋」から1954年10月採種したものを用いた。このさい隔離採種は行わなかつた。

処理方法としては芽が種皮を破らないように水分を制限して生長をおさえながら温度処理するやりかたを用いた。

まず種子を30分間，0.1%ウスプルン溶液で消毒し，後30°Cで浸水を行つた。このばあい浸水程度の効果をもしらべるために，12, 24, 48時間の浸水を行うとともに，浸水を行わず温度処理だけの種子を対照とした。12, 24, 48時間の浸水による種子の吸水量ははじめの種子重のそれぞれ24.8%, 39.8%, 41.2%であつた。浸水は同時に終るようにし，ただちに0°～5°Cと10°～12°Cで温度処理を行つた。処理期間は0°～5°Cでは10,

* 作物部園芸作物研究室

20，30，40，60日，10°～12°Cでは10，20，30日とした。種子を濾紙をしいたシヤーレに入れ，さらに湿度を保たせるために，これを浅く水を張つたリーベンベルヒ発芽試験器内において上記の温度で処理を行つた。処理中の水分条件は種子の表面がつねに湿る程度に水分を与えるようにしたが，処理中に種子はどんどん水分を吸収し，処理10日後の調査では0°～5°Cの低温でも，対照としての浸水を行わなかつた種子も飽和（43%前後）に達し，浸水時間による種子の水分含量の差はなくなつていた。

なおアスパラガス種子はすでに述べたように最低発芽温度が高いが，10°～12°Cでは次のように処理中の発芽がみられた。

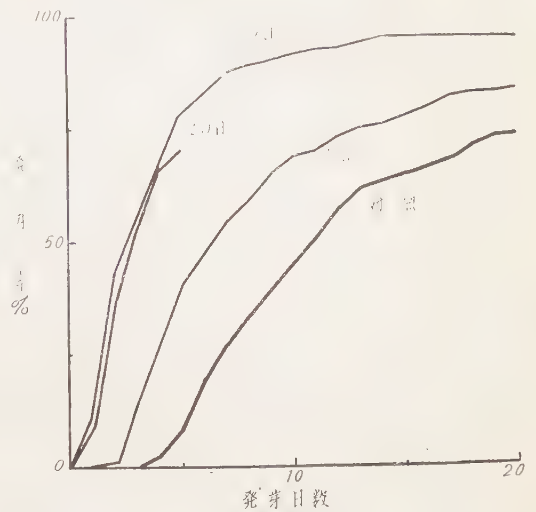
処理日数	浸水時間			
	0	12	24	48
	%	%	%	%
10	0.0	0.0	0.0	0.0
20	2.0	0.3	1.5	1.0
30	4.8	4.5	4.8	1.8

発芽試験はリーベンベルヒ発芽試験器を用い，最適発芽温度の30°Cと最低発芽温度近くと考えられる15°Cで行つた。種子数は各処理200粒で処理中に発芽した種子はのぞいた。試験中（1954年11月12日～1955年2月19日）の発芽温度は12月14日，30°Cに調節した恒温器の故障で9.5°Cまで下つたのをのぞいて30°C，15°Cともに温度のふれは0.5°C以内であつた。発芽試験は30°Cでは20日でうちきり，15°Cでは発芽が悪いので30日までのばし，その後発芽しない種子の発芽能力をしらべるために30°Cに移し10日後の発芽率を調査した。

実験結果

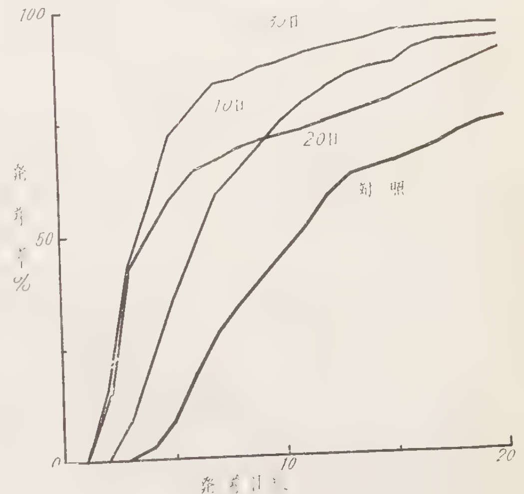
浸水を行わず，ただちに上記の水分条件で温度処理をはじめた種子の発芽率の変化を第1～4図に示した。

対照種子の最終発芽率は，発芽温度30°Cでは74.5%であるのに対し，15°Cではわずか7.5%で15°Cが最低発芽温度に近いことを示している。第1，第2図は30°Cで発芽させたときの結果であるが，10°～12°Cと0°～5°Cのいずれの処理で



第1図　アスパラガス種子の発芽に対する温度処理（10°～12°C）の効果　発芽温度30°C

Fig. 1　The effects of temperature treatments at 10°～12°C for different length of time on germination of asparagus seeds. Germinated at 30°C.

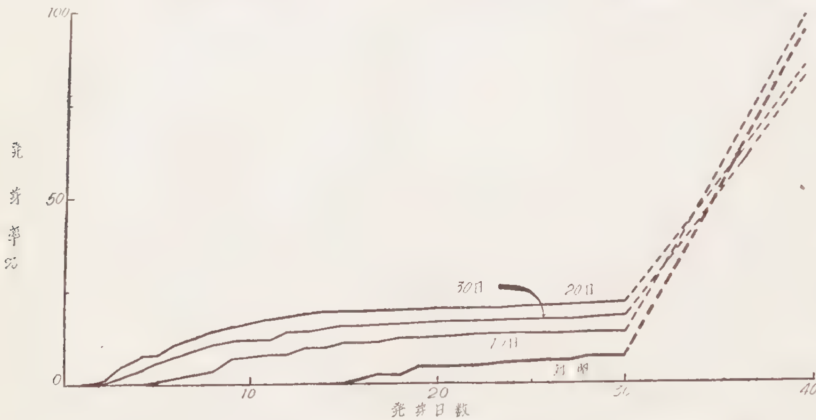


第2図　アスパラガス種子の発芽に対する温度処理（0°～5°C）の効果　発芽温度30°C

Fig. 2　The effects of temperature treatments at 0°～5°C for different length of time on germination of asparagus seeds. Germinated at 30°C.

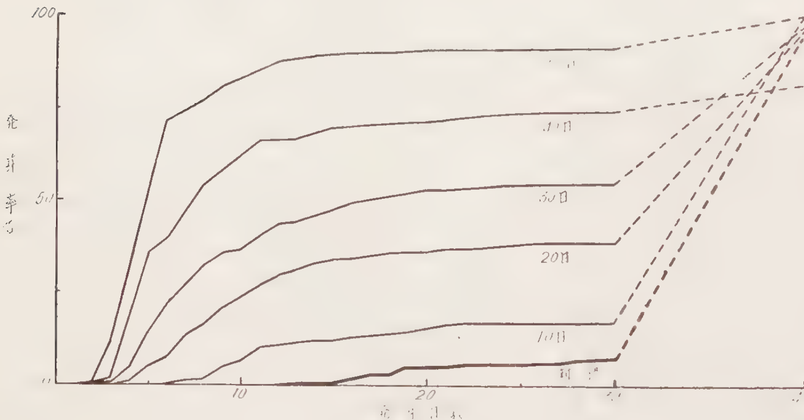
* 30日処理した種子の30°Cでの発芽試験では2日目に温度が9.5°Cに下つたのでこの日は発芽に関係ないものとみなし，図表には実際の日数よりも1日ずらした値を用いた。

も処理日数が長いほど発芽率が高くなる傾向がみられる。また発芽曲線の勾配もそれにつれて急角度となつており，発芽勢も高まることが認められ



第 3 図　アスパラガス種子の発芽に対する温度処理(10°～12°C）の効果
発芽温度 15°C 30日間，後30°C 10日間

Fig. 3 The effects of temprature treatments at 10°～12°C for different length of time on germintaion of asparagus seeds. Germinated at 15°C for 30 days, then at 30°C for the remaining 10 days.



第 4 図　アスパラガス種子の発芽に対する温度処理（0°～5°C）の効果
発芽温度 15°C 30日間，後30°C 10日間

Fig. 4 The effects of temperature at 0°～5°C for different length of time on germination of asparagus seeds. Germinated at 15°C for 30 days, then at 30°C for the remaining 10 days.

る。このように30°Cでの発芽では10°～12°C，0°～5°C処理ではともに種子の発芽力が高まることが認められたが，処理温度による効果の差は明らかでなかつた。

これに対して15°Cでの発芽では，処理温度による効果にいちじるしい差があらわれた。10°～12°C処理の種子は10日，20日と処理日数が長いほど発芽率，発芽勢が高まり，20日処理では最終発芽率が22.0%となつている（第3図）。しかしこれを最高として30日処理になるとかえつて発芽力が落ちている。ところが0°～5°C処理の種子ではこれとまつたくちがつた発芽状態がみられた（第4図）。図であきらかなようにこの発芽率，発芽勢は処理日数が長いほど着実に増大し，60日処理では90%をこえる最終発芽率を示し，それに応じて発芽勢もいちじるしく増大した。これは最適発芽温度の30°Cで無処理種子を発芽させた場合より良い発芽状態で，30日処理した種子を30°Cで発芽させたときとくらべて，発芽始が1～2日おくれるだけで大体これに匹敵している。

15°Cで発芽しなかつた種子が発芽試験の間にその発芽能力をうしなつたかどうかをしらべるために，15°Cでの試験を終つた後，30°Cに移して10日後の発芽率をしらべてみるといずれも80%以上の発芽となつており，発芽能力はうしなわれていないことがわかつた。

浸水を行わなかつた種子でえられたこのような処理日数と発芽力の変化との関係，及び処理温度による効果の差は，浸水を行つた種子でも浸水時間に関係なく同様にみとめられた。第1，第2表にそれぞれ各浸水時間毎の最終発芽率と5日目の

発芽率であらわした発芽勢をしめした。第1表の括弧内の値は30°Cに移して10日後の発芽率である。これらの表によると，どの浸水時間でも温度処理の日数が長いほど発芽率，発芽勢が増大する傾向がみられ，15°Cの発芽では0°～5°C処理でいちじるしく発芽力が高まるのに対して，10°～12°C処理では20日処理を最高として30日処理になると発芽が悪くなることが同様に確かめられた。ただこの場合，12時間浸水した種子では10日処理で発芽率が最高に達したが発芽勢ではやはり

第1表　アスパラガス種子の発芽率に対する浸水（30°C）と温度処理（10°～12°C，0°～5°C）の効果

Tabel 1　The effects of temperature treatments at 10°～12°C and 0°～5°C and presoaking in water at 30°C on germinating percentage of asparagus seeds. Values taken from per cent germination after 20 days at 30°C and 30 days at 15°C.

発芽温度	温度処理		発芽率[1)]				平均
	温度	日数	浸水時間 0	12	24	48	
30°C	10°～12°C	10	85.0 %	84.5	85.5	72.5	81.9
		20	—	—	—	—	—
		30	96.0	95.5	95.5	94.0	95.3
	0°～5°C	10	93.0	91.5	90.5	91.5	91.6
		20	90.5	91.5	81.0	84.5	86.9
		30	95.5	92.0	97.5	96.5	95.4
	対照		74.5	82.5	85.5	76.5	79.8
15°C	10°～12°C	10	14.0 (97.5)[2)]	23.0 (99.0)	14.5 (95.5)	19.0 (95.0)	17.6 (96.8)
		20	22.0 (84.0)	21.0 (91.5)	22.5 (86.5)	24.5 (90.0)	22.5 (88.0)
		30	18.5 (82.0)	11.5 (89.0)	14.0 (—)	18.0 (91.5)	15.5 (87.5)
	0°～5°C	10	17.5 (99.0)	35.0 (98.0)	26.0 (94.5)	29.5 (95.0)	27.0 (96.6)
		20	38.5 (95.0)	60.5 (97.0)	41.0 (89.0)	50.0 (94.5)	45.0 (93.9)
		30	54.0 (96.5)	70.0 (99.0)	51.5 (98.0)	58.5 (97.5)	58.5 (97.8)
		40	73.5 (81.0)	74.0 (95.0)	73.5 (96.5)	76.0 (95.5)	74.3 (91.9)
		60	90.5 (99.5)	92.0 (99.0)	92.5 (100.0)	89.5 (99.5)	91.1 (99.5)
	対照		7.5 (93.5)	9.5 (90.0)	8.5 (87.0)	11.0 (87.5)	9.1 (89.5)

註　1）値は30°Cでは20日後，15°Cでは30日後の発芽率を用いた。
　　2）（　）内の値は15°Cで30日間発芽試験した後30°Cに移し10日後に調査した発芽率をしめす。

第2表　アスパラガス種子の発芽勢に対する浸水（30°C）と温度処理（10°～12°C，0°～5°C）の効果

Table 2　The effects of temperature treatments at 10°C～12°C and 0°～5°C and presoaking in water at 30°C on germinating energy of asparagus seeds. Values taken from per cent germination after 5 days.

発芽温度	温度処理		発芽勢[1)]				平均
	温度	日数	浸水時間 0	12	24	48	
30°C	10°～12°C	10	40.5 %	50.0	50.5	45.5	46.6
		20	70.5	68.5	69.0	58.0	66.5
		30	78.0	82.5	75.0	75.5	77.8
	0°～5°C	10	36.0	56.0	57.0	60.0	53.8
		20	58.5	72.5	51.0	63.0	61.3
		30	72.0	67.5	81.0	77.5	74.5
	対照		8.5	19.5	33.5	35.0	19.1

発芽温度	温度処理 温度	日数	発芽勢 浸水時間 0	12	24	48	平均
	10°~12°C	10	0.5	5.0	2.0	2.5	2.5
		20	8.0	11.5	8.0	7.0	8.6
		30	6.0	5.0	4.0	5.0	5.0
15°C	0°~5°C	10	0.0	3.0	3.0	7.0	3.3
		20	5.0	12.5	11.5	17.0	11.5
		30	14.0	23.0	9.5	17.5	16.0
		40	35.0	37.5	42.0	36.0	37.6
		60	51.5	54.5	56.0	52.0	53.5
	対照		0.0	0.0	0.0	1.0	0.3

註 1) 値は5日後の発芽率を用いた。

20日処理が最高であつた。

このように温度処理と発芽率の変化の関係は浸水時間にかかわりなく共通の経過をたどるが，浸水時間による効果の差はどうなのだろうか。

種子に対する浸水の効果についてはすでに述べたように BORTHWICK の報告があるが，この実験でえられた結果もまつたくこれと一致した。すなわち第1，第2表の対照種子の発芽をみると，浸水時間が長いほど発芽が早まり発芽勢が増大している。なお発芽率もいくらか高まるようであるがはつきりしたことはいえない。温度処理を行わない対照種子でみられるこのような浸水時間による効果の差は，温度処理が長くなるにつれて消え失せることが第1，第2表で同時に認められる。



第5図　アスパラガス種子の発芽に対する温度処理（0°~5°C）前の浸水の効果

Fig. 5 The effects of soaking followed by temperature treatments at 0°~5°C on germination of asparagus seeds.

いま浸水時間による効果と処理日数との関係をよくみるために，0°~5°C での処理日数と 15°C の発芽温度での発芽率の変化との関係をグラフであらわすと第5図のようになる。浸水を行わなかつた種子の発芽率の変化は大体S字曲線を示した。これに対し，24時間，48時間浸水では 20 日から 30 日処理にかけて勾配はゆるやかとなり 30 日からふたたび急になつており，12 時間浸水では30日から40日処理にかけて勾配はゆるやかとなつている。そしてこのような途中の不規則性にもかかわらず，40日，60 日処理ではすべてが大体同じ発芽率のところに集中している。これは温度処理中の種子の吸水量が処理中に種子の中で起る変化の速度をきめる重要な要因であることを示しているようである。この変化が起るためには種子がある程度水分を吸収する必要がある。これは次の実験から明らかである。乾燥種子（使用した種子の乾燥状態での水分含量は生体重の 10.7%)を 0°~5°C，10°~12°C でそれぞれ30日間貯蔵したものと室温においたものとの発芽力をくらべてみると，第3表にみるようにこれらの種子の間では30°C，15°C の発芽温度にかかわらずまつたく差が認められなかつた。第5図で浸水しなかつた種子の発

第3表 アスパラガス種子の発芽に対する種々の温度における乾燥貯蔵（30日）の効果

Table 3 The effect of dry storage for 30 days at different temperatures on geamination of asparagus seeds.

発芽温度	貯蔵温度	発芽率 5日目	10日目	15日目	20日目	30日目
30°C	10°～12°C	% 8.5	66.0	83.5	90.5	
	0°～5°C	6.5	65.0	83.5	88.5	
	室温	7.5	68.0	82.5	91.5	
15°C	10°～12°C	0.0	0.0	2.0	4.5	8.0
	0°～5°C	0.0	0.5	2.5	4.5	6.5
	室温	0.0	0.0	4.0	7.5	9.5

芽力が浸水した種子よりもはじめのうち劣るのは，ある一定の水分を吸収するまでに時間がかかるために，それまで種子の中で変化はゆつくりとしか進まないためであろう。また浸水を行つた種子ははじのうちは多くの水分を吸収しているために変化がすみやかに進むが，その極限では浸水の有無にかかわらず一定の発芽力に達すると考えられる。浸水して行つた種子でみられた発芽率増大の不規則性は処理中の水分管理が一定でなかつたためと思われるが，なお処理中の水分と発芽力の変化との関係についてはより詳細な実験を計画している。

考　　察

以上の実験によつてアスパラガス種子は温度処理に対して次のような反応を示すことが明らかとなつた。

1) 充分に水分を吸収した種子は温度処理によつてその発芽力が増大する。

2) 30°C の発芽温度では処理温度による効果の差はみられないが，15°C では 0°～5°C 60 日処理で種子はいちじるしく発芽力が高まり，10°～12°C 処理ではその効果はあまり大きくない。すなわち 15°C の発芽温度では効果的な処理温度がある範囲内にある。

アスパラガス種子のこのような温度処理に対する反応，とくに 15°C の発芽温度での種子の発芽の様相は休眠種子の後熟現象とひじようによく似ている，というよりもまつたく同じ現象であるように思われる。

後熟とは種子が収穫直後では発芽能力がなく，適当な自然条件または処理によつて一定期間をへて発芽能力をもつようになる現象で，休眠種子とは収穫後一定の休眠期間に後熟を完了しはじめて発芽するようになる種子をさす。しかしこの定義は実際のいろいろな植物の種子の性質をしらべてみるとひじように不完全なことがわかる。休眠種子の休眠度はいろいろで，休眠の型もいくつかに分れ，しかもその間にはつきりした界がない。これについては Crocker (1948), Crocker & Barton (1953) のくわしい記述があるが，ここで興味あるのは低温湿潤条件によつて，すなわち stratification によつて後熟が完了する種子である。休眠のこの型に属する種子は多数報告されているがその休眠度もいろいろで，たとえばバラ属ではどの種も stratification なしでは発芽しない完全休眠種子であるが (Crocker & Barton, 1931), 松柏科にふくまれるものでは属によつて，また同一属のなかでも種によつてその休眠度がちがい，無処理ではまつたく発芽しないものから79%も発芽するものまであり，2，3の例外をのぞいていずれも stratification によつて発芽力が増大し，あるいは発芽できるようになる (Barton, 1930)。また stratification は種によつて差があるがその効果的な処理温度はある範囲内にかぎられ，0°～10°C にふくまれる場合がほとんどである(Crocker, 前出)。

アスパラガス種子にほどこした低温処理がこの stratification と低温湿潤条件という点でまつたく同じ処理であり，さらに種子に与えた結果も松柏科でみられる休眠種子に対する stratification の効果とまつたくおなじであることから，アスパラガス種子が松柏科の種子と同じ型の不完全な休眠種子であると結論できる Crocker & Barton はその著書（前出）で「バーナリゼーションと後熟の過程はそう違つたものではないと思われる。バナーリゼーションでは水分の制限のもとで，後熟では休眠によつて，両者とも発芽を阻止しつつその過程が進む」とのべているように，バーナリゼーションと後熟とは密接な関係があると考えら

れるが，これは将来解決さるべき問題である。

DAVIS (1930)，岡 (1943) によれば，種子の水分含量が後熟の速度に関係あり，低温では水分が多く，高温では少ないほど後熟はすみやかに進むと報告している。DAVISは低温湿潤条件で進む反応と高温乾燥条件で進む反応とは同じであるとのべているが，この点について確定的な資料はまだない。アスパラガス種子でも第1表の対照種子の発芽率と第3表の種子の発芽率をくらべてみると後者の方が高くなつている。この二つの発芽試験の間には1箇月の間隔があるが，この間に種子の後熟が乾燥状態でも進んだことを示しているようである。また30°Cの発芽温度で処理温度による差がみられないことは2種の処理温度によつて種子の中に起る変化が同じものであることを示しているようである。しかし同じ種子を15°Cで発芽させたときに差がでるのはこれと矛盾しないか。これは処理温度によつて種子内にまつたくちがつた反応が進むが，ただ15°Cの発芽温度のさいにしかあらわれないような差であるのか，それともDAVISの仮定したように，10°～12°Cの処理で水分をもつと制限することによつて取り除くことができるような差であるのか，この点についてはさらに研究を進める必要がある。

要　約

1. 低温での発芽が悪いアスパラガス種子の発芽に対する温度処理の効果をしらべるため，30°Cで浸水を行つた種子を10°～12°Cと0°～5°Cで温度処理し，30°Cと15°Cで発芽試験を行つた。

2. 浸水時間による効果は温度処理しない場合浸水時間が長いほど発芽が良くなつたが，温度処理した種子では浸水時間による効果の差は処理日数が長くなるにつれてみとめられなくなつた。

3. 発芽温度15°Cでは処理温度による差は明らかで，10°～12°C処理では20日処理の22%前後の発芽率が最高で，30日処理になると発芽力は減少した。これに対して，0°～5°C処理では処理日数とともに発芽力は増大し60日処理では90%以上発芽できるようになつた。

5. 温度処理によつて種子中にすみやかな変化が起るためには種子が一定量の水分を吸収する必要がある。しかし乾燥種子でも貯蔵中の温度にかかわりなく発芽力を増大するような変化は起つているようである。

6. 以上の結果からアスパラガス種子が松柏科の種子と同じ一種の休眠種子であり，アスパラガスに対する0°～5°Cでの低温処理が，休眠種子に対するstratificationとまつたく同じ処理であることを結論した。

稿を終えるにあたり，御指導をいただいた吉野至德作物部長、早瀬広司技官に深謝する。

文　献

1) BARTON, L. V.: Hastening the germination of some coniferous seeds. Amer. Jour. Bot., 17: 88～115, 1930.

2) BORTHWICK, H. A.: Factors influencing the rate of germination of the seeds of *Asparagus officinalis*. Calif. Agr. Exp. Sta. Tech. Paper, 18. 1925.

3) CROCKER, W.: Growth of plants. Twenty years research at Boyce Thompson Institute. Reinhold Publ. Corp., New York, 1948.

4) CROCKER, W. and L. V. BARTON: After-ripening, germination, and storage of certain Rosaceous seeds. Contrib. Boyce Thompson Institute., 3: 385～404, 1931.

5) ―, ―: Physiology of seeds. Chronica Botanica Co., Waltham, Mass., 1953.

6) DAVIS, W. E.: Primary dormancy, after-ripening, and development of secondary dormancy in embryos of *Ambrosia trifida*. Amer. Jour. Bot., 17: 58～76, 1930.

7) 岡 彦一: 小麦粒の休眠の機構に関する研究 熱帯農学会誌，15: 78～89, 1943.

Résumé

The minimum germinating temperature of asparagus seeds is comparatively high. Delay occurs in germination of asparagus seeds at low temperature. This presents a difficult problem in early spring sowing.

The effects of temperature treatments

on asparagus seeds in moist condition were studied in an effort to obtain prompt germination, especially at low temperature.

First the seeds were soaked in water at 30°C for 0, 12, 24, and 48 hours. After that they were subjected to two kinds of temperatures, 10°∼12°C and 0°∼5°C, in moist condition for various lengths of time. Germination tests were then performed at 30°C and 15°C.

The results obtained were as follows.

1) The favourable effect of presoaking was confirmed with seeds which were not subjected to temperature treatments but it was overcome by longer temperature treatments.

2) When germinated at 30°C, the germinating power of seeds was gradually raised with the increase of treatment periods regardless of temperatures employed.

3) When germinated at 15°C, the difference was noticed between the effects of treatment at 10°∼12°C and at 0°∼5°C. It was shown that by higher temperature the germinating percentage was raised to about 22 per cent after 20 days of treatment but decreased after 30 days, while by lower temperature treatment the germinating percentage was gradually lifted, reaching over 90 per cent after 60 days.

4) The germinating power of seeds stored under dry conditions seemed to increase very slowly, independently of different temperatures employed. For the occurrence of rapid physioloical process in seeds it is necessary for seeds to absorb a certain amount of water.

Based on the results described above, it will be concluded that asparagus seeds show partial dormancy similar to that of pine seeds which are after-ripened by low temperature stratification.

甜菜褐斑病耐病性の遺傳力に就いて (第1報)

細 川 定 治* 斎 藤 健 一*

STUDIES ON HERITABILITY OF RESISTANCE TO LEAF-SPOT DISEASE (*CERCOSPORA BETICOLA*) IN SUGAR BEET (1)

By Sadaji HOSOKAWA and Ken-ichi SAITO

緒 言

従来栽培されていた甜菜の本育系品種は，近年アメリカより導入されたGW系品種に比較して，甜菜褐斑病に対する耐病性が劣る傾向にある。従つて，これらGW系品種の耐病性をとりいれて，北海道に適する甜菜褐斑病耐病性品種を早急に育成することは，その任にある者にとつて，重要な課題である。この問題を解決する一つの手段として本研究を開始した。

一般にある形質の発現には遺伝と環境の両者が関与していることはよく知られているところであるが，実際に育種家がある形質に関して選抜を行おうとする際には，その形質の現われ方がどの程度まで遺伝的なものであるか，又は環境的な要因によつて影響を受けているかを見分けることは大切である。しかしながら連続的な変異を示す形質についてはこのことは一般に非常に困難である。

概して各種作物の耐病性の遺伝型式は，それが少数の遺伝因子によつて支配される場合と，ポリジーン系によつて支配される複雑な場合即ち連続的な変異を示す場合とがある。甜菜褐斑病耐病性はその発現の状態からして後者に属するものと見做される。このような連続的変異を示す形質に属する耐病性の育種を実施する際に遺伝力 (Heritability) や，有効遺伝子 (Effective Factors) 数を推定することは，耐病性の育種に於ける適確な選抜方法の確立に貴重な参考指標となるものと思われる。即ち遺伝力は表現型に基づく選抜に於ける正確度の指標であり，因子型と表現型との連関性の指標でもある。例えば我々がある形質について選抜淘汰を行う場合，一般に表現型の優秀なものを選抜するが，しかしこれら選ばれた個体が，淘汰された個体に比して示す優秀性は，遺伝力の低い形質の場合には，遺伝的優秀性よりもむしろ環境条件の良さに基づいている場合が多いことが考えられる。従つて遺伝力の値如何によつて，それに適した選抜や，育種方法を採択することが必要である。それ故，或る形質の遺伝力が小さいことは，その形質の変異は環境の影響に基づくものであり，遺伝的変異部分の小さいことを示し，このような形質について選抜することは選抜効果のないことを暗示している。これと反対に遺伝力の高い形質についての選抜は，その選抜や淘汰の効果が著しいことを示すものである。

以上のような観点から本研究では甜菜褐斑病耐病性の他に根中糖分，根頸重，草丈及び葉数の5形質について遺伝力及び有効遺伝子数を推定した。その結果を取敢えず次に報告する。

供 試 材 料

本研究では耐病性と罹病性の2つの自殖系統の交雑より得られたF_1，F_2，B_1 ($F_1 \times P_1$) 及びB_2 ($F_1 \times P_2$) を供試した。P_1は自殖系統のG91 (耐病性) P_2は自殖系統のG14 (罹病性) でF_1，F_2，B_1及びB_2は1954年3月温室に於て硫酸紙の袋をかけて交雑し，4月末に採種した。なおF_2，B_1及びB_2の採種に用いたF_1は1953年4月温室で採種

* 作物部特用作物第1研究室

し，直ちに圃場で養成したものである。P_1，P_2の特性は第1表に示した。

第1表　各形質の各世代に於ける平均値及び観察個体数

Table 1　Mean values and observed numbers of 5 characters in each populations.

形質	世代 / 区別	P_1	P_2	F_1	F_2	B_1	B_2
耐病性	M	1.77	2.65	2.12	2.07	1.73	2.44
	N	198	49	200	254	245	228
根中糖分	M	18.62	19.69	19.39	19.46	19.22	20.11
	N	251	52	274	279	268	248
根頸重	M	370.12	242.31	360.22	314.70	355.97	289.52
	M(log)	2.4161	2.3245	2.5220	2.4598	2.5100	2.4161
	N	251	52	274	279	268	248
草丈 日月 30/6	M	17.81	13.25	17.33	16.06	17.14	15.30
	N	160	40	160	160	160	160
草丈 7/7	M	29.50	21.68	29.08	24.72	27.69	24.20
	N	200	50	205	280	254	240
草丈 30/7	M	41.85	29.16	39.46	32.91	37.75	33.69
	N	171	50	169	293	270	255
草丈 23/8	M	60.24	47.25	58.70	47.73	57.69	51.80
	N	200	51	199	280	257	247
草丈 5/10	M	57.40	46.48	57.26	46.60	56.05	50.39
	N	200	50	200	265	255	233
葉数 12/7	M	15.03	18.43	15.03	16.86	15.12	18.23
	N	198	46	200	278	234	246
葉数 3/8	M	20.13	25.67	20.55	23.97	20.46	26.47
	N	192	48	223	274	256	249
葉数 30/9	M	33.70	40.87	34.98	38.27	31.95	39.11
	N	200	46	200	281	246	234

註　N：観察個体数
　　M：平均値

種子量の少なかつたP_2以外は，圃場の栽培は標準耕種法の乱塊法4反覆で，病害に対しては防除を行わなかつた。なお甜菜褐斑病の発病程度を出来る限り均一にするために，試験畦の両端に2個体づつ甜菜褐斑病の感染源として罹病品種 Klein-wanzleben E を養成した。

調査方法

各形質の調査基準及び調査期日は次に示した。

1)　褐斑病耐病性：個体当りの被害程度指数を0から10まで等間隔の11階級に分類した指数を基準にして，10月7日に調査した。

2)　根頸重：11月8日に100g単位で秤量し，この数値を対数変換して分散を算出した。

3)　根中糖分：根頸重と同時にハンドリフラクトメーターで Brix 調査を行い，その値を根中糖分とした。

4)　草丈：地表面より最長葉の先端までの長さで6月30日，7月7日，7月30日，8月23日及び10月5日の5回調査した。

5)　葉数：生葉数のみについて7月12日，8月3日及び9月30日の3回調査した。

計算方法

形質毎に各プロットの平均値を用いて分散分析を行つた。その結果根頸重及び9月9日調査の草丈以外ではブロック間に有意な差が認められなかつたので，分散は4区の合計について算出した。但しブロック間に有意な差が認められた根頸重及び9月9日の草丈に就いてはブロックによる分散を除去し，修正した分散を用いて計算を進めた。

遺伝力の推定は次式によつた。

1)　広義の遺伝力

$$H_B = \frac{V_{F_2} - \sqrt[3]{V_{P_1}\cdot V_{P_2}\cdot V_{F_1}}}{V_{F_2}} \times 100\% \quad \cdots\cdots(1)$$

H_B＝広義の遺伝力

V_{P_1}＝P_1の分散

V_{P_2}＝P_2の分散

V_{F_1}＝F_1の分散

V_{F_2}＝F_2の分散

環境分散の推定値としてはP_1，P_2及びF_1分散の幾何平均を使用した。

2)　狭義の遺伝力

$$H_N = \frac{2V_{F_2} - (V_{B_1} + V_{B_2})}{V_{F_2}} \times 100\% \quad \cdots\cdots(2)$$

H_N＝狭義の遺伝力

$VB_1 = B_1$の分散

$VB_2 = B_2$の分散

(2)式は WARNER (1952) による狭義の遺伝力の推定式である。

$$VF_2 = \frac{1}{2}D + \frac{1}{4}H + E \quad \cdots\cdots\cdots(3)$$

$$VB_1 + VB_2 = \frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H + 2E \quad \cdots\cdots\cdots(4)$$

故に(3)，(4)式から次式が導かれた。

$$2VF_2 - (VB_1 + VB_2) = \frac{1}{2}D \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

D＝遺伝子の相加的効果による分散

H＝遺伝子の非相加的効果による分散

E＝環境による分散

従つて $\frac{1}{2}$ DはF_2分散に於ける遺伝子の相加的効果による遺伝的分散であるから，F_2の分散に対する割合によつて，狭義の遺伝力は推定出来る。

有効遺伝子数は MATHER (1949) の方法によつた。

$$K_1 = \frac{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2}{4D} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

K_1＝有効遺伝子数

$\bar{P}_1 = P_1$の平均値

$P_2 = P_2$の平均値

実験結果及び考察

1) **分散**　5形質の各集団に於ける分散は第2表に示した。P_1及びP_2の分散はF_1の分散に比較して大きい場合がある。中村 (1953) は玉蜀黍ではF_1内の分散に比較して自殖系統内の分散が高いのは，自殖系統はVigorが低いため環境による影響を受け易いためと説明している。他殖性作物である甜菜に於ても自殖した場合に，前述と同様な現象が起りP_1，P_2の分散がF_1の分散より大きくなつたとも考えられるが，或いは他の原因による誤差に基因しているものか，この場合いずれともその判定が困難であつた。草丈及び葉数の分散は生育の進行に伴つて一般に大きくなつている。

2) **遺伝力**　広義の遺伝力の算出に当り，分離集団に於ける環境分散の推定方法は2，3あるが WEBER (1950) はP_1，P_2及びF_1 3者の分散の幾何平均を環境分散の推定値とするのが最適であると述べているので，本研究はこの方法により広義の遺伝力を (1) 式によつて算出した。狭義の遺伝力は (2) 式によつた。広義及び狭義の遺伝力の推定値は第3表に示してあるが，その値は一般に低かつた。即ち耐病性の狭義の遺伝力 (H_N) は5.18%，広義の遺伝力 (H_B) は29.81%で育種上重要な遺伝子の相加的効果による分散部分が小さい。これらの結果から判断して耐病性は環境要因によつて非常に影響を受け易いことがわかる。

根中糖分は耐病性と同様な傾向で，H_N，H_Bは夫々7.37%，28.00%であつた。

根頸重のH_N，H_Bは−21.08%及び−17.79%であつた。遺伝力が負の価を示す場合は，大豆の研究では吉野・尾崎・斎藤 (1955) は子実比重で，WEBER (1950) は子実収量で又後藤 (1953) はナスの個体当果重及び果数でそれぞれ遺伝力が負の場合を認めている。後藤はナスのこれら形質はF_2

第2表　各形質の各世代に於ける分散

Table 2　Variances of 5 characters in each population.

形質 / 世代	耐病性	根中糖分	根頸重* (log)	草丈 30/6	7/7	30/7*	23/8	5/10	葉数 12/7	3/8	30/9
P_1	0.5115	0.7480	0.03808	4.3673	5.2965	7.0019	30.8166	31.4774	2.8721	5.9738	23.1759
P_2	0.4396	0.6098	0.05503	2.3974	5.4469	8.0143	19.5140	18.0510	4.0733	9.5894	29.1822
F_1	0.4442	0.6044	0.03274	3.4660	4.3814	4.7427	22.6944	29.2789	3.2151	6.3509	25.7307
F_2	0.6625	0.9040	0.03497	3.4931	7.4634	10.6977	36.1685	37.0886	3.6130	12.0139	38.7104
B_1	0.4885	0.7888	0.03590	3.4025	6.0348	10.4555	40.9027	38.5323	3.0841	6.9273	27.1980
B_2	0.8022	0.9526	0.04141	3.7333	5.9849	10.3734	27.7801	29.5677	3.7359	11.4597	36.9406

註　*：P_2以外の分散はブロックの分散を除去し補正した。

世代で環境要因によつて大きく影響を受けるために負の値を示したものであると説明している。従つてH_N及びH_B共に負の値を示した根頸重は環境の影響を非常に受け易いことを示唆し，又実際にこのような事実は著者等が圃場栽培に於いて確認しているところである。

草丈の遺伝力を時期別にみると，狭義の場合その傾向は不規則であるが，広義では生育盛期の7月30日には39.87％で最高であり，その前後は順次低下している。即ち7月7日，8月23日にはそれぞれ32.75％，33.96％と低く，更に6月30日，10月5日にはそれぞれ5.21，31.16％と低かつた。5回の平均はH_Nは13.29％，H_Bでは28.59％であつた。6月30日のH_Nの値が負であるが，この原因としては発芽後あまり日数を経過していないため，発芽不揃に起因する環境変異の影響が大きかつたためでないかと考えられる。

葉数ではH_NよりH_Bが小さかつた。H_N，H_B共に生育盛期の8月3日にそれぞれ46.95，40.57％と最高を示し，その前後は低下している。このことから葉数についての選抜時期は生育盛期の8月上旬が最適と思われる。

以上の結果より，本研究で用いた材料の範囲内では各形質共に狭義及び広義の遺伝力は低いことが判明した。即ち各形質共に環境分散及び遺伝子の非相加的効果による分散が大きく，育種上問題とされる相加的効果による分散が全分散に比して非常に小さいことが推定された。この結果は遺伝力が低い耐病性を含む5形質は，環境要因による影響を非常に受け易く，表現型と因子型の連関性が弱く，表現型に基ずく選抜淘汰の正確度は極めて低いことを暗示しているものと思われる。

第3表　各形質の遺伝力　(％)

Table 3　Heritability values of 5 characters.　(％)

形質＼世代	耐病性	根中糖分	根頸重	草丈 30/6	7/7	30/7	23/8	5/10	平均	葉数 12/7	3/8	30/9	平均
H_N	5.18	7.37	-21.08	-4.28	38.95	5.30	10.10	16.39	13.29	11.28	46.95	34.31	30.85
H_B	29.81	28.00	-17.79	5.21	32.75	39.87	33.96	31.16	28.59	7.25	40.57	33.07	26.96

3)　**D，H及びEの推定値**　第2表の分散に基づいてD，H及びEをMather (1949) の最小自乗法によつて推定した。その結果は第4表に示した。負のD及びHが存在することは理論的に不合理である。この原因に関してMather (1949) は標本抽出誤差又はポリジーン間にリンケージが存在するためであろうと説明しているが，本研究で負のD，Hが得られたことも同様の原因によるものと解釈される。

第5表に示したように，F_2分散中，環境分散の推定値（E）が占める割合は非常に大きく，各形質に共通な事実であつた。従つて甜菜の各形質は前に述べたと同様に環境の影響を非常に受け易い作物であることを実証している。

第4表　各形質のD，H，E及び有効遺伝子数の推定値

Table 4　Estimated values of D, H, E and number of effective factors for 5 characters.

形質＼区別	耐病性	根中糖分	根頸重	草丈 30/6	7/7	30/7	23/8	5/10	平均	葉数 12/7	3/8	30/9	平均
D	0.0686	0.1332	0.01474	-0.2992	5.8142	1.1330	7.3084	12.1544	5.2222	0.8120	11.2816	26.5644	12.8860
H	0.6528	0.7460	0.0046	1.3268	-1.8508	14.7928	34.5172	21.9256	14.1423	-0.5760	-3.0676	-1.9272	-1.8569
E	0.4650	0.6509	0.04119	3.3110	5.0190	6.4330	23.8850	25.5300	12.8356	3.3510	7.1400	25.9100	12.1337
K_1	2.82	2.15	—	—	2.63	35.53	5.77	2.45	11.60	3.56	0.68	0.48	1.57

第5表 各形質のF_2分散に於ける½D，¼H 及びEの推定値

Table 5 Estimated values of ½D, ¼H and E for 5 characters in F_2's variances.

形質＼区別		F_2	½D	¼H	E
耐病性		0.6625	0.0343	0.1632	0.4650
根中糖分		0.9040	0.0666	0.1865	0.6509
根頸重		0.03497	−0.00737	0.00115	0,04119
草丈	30/6	3.4931	−0.1496	0.3317	3.3110
	7/7	7.4634	2.9071	−0.4627	5.0190
	30/7	10.6977	0.5665	3.6982	6.4330
	23/8	36.1685	3.6542	8.6293	23.8850
	5/10	37.0886	6.0772	5.4814	25.5300
葉数	12/7	3.6130	0.4060	−0.1440	3.3510
	3/8	12.0139	5.6408	−0.7669	7.1400
	30/9	38.7104	13.2822	−0.4818	25.9100

4) **有効遺伝子数** 現在の段階では充分満足出来るような有効遺伝子数の推定方法は確立されていないが，K_1によつて示される値は有効遺伝子数の推定値であり，各遺伝子の働き方は与えられた形質の遺伝力の大きさに影響を与えるものである。それ故遺伝力と共に有効遺伝子数の推定は育種上重要なことであると考えられる。

Dが負の値を示した根頸重及び6月30日の草丈以外の形質について有効遺伝子数（K_1）を推定した(第4表)。その結果，各形質には比較的多数の遺伝子が関与していることが推定された。

草丈，葉数等に於ける時期別の有効遺伝子数の多少はK_1の推定式が可変数を含むためである。

結　　言

以上述べたように甜菜褐斑病ほか4形質は遺伝力が一般に小さく，むしろ環境変異性が大きいことが推定された。従来の甜菜育種法では集団選抜法が最も正統派的で効果のある方法とされてきていたが，前述の遺伝力の推定では甜菜の各形質は表現型による集団選抜は効果がなく，因子型の判定が出来る方法を用いて選択を行うことが大切であることを示している。その為には系統検定や後裔検定のような方法を用いることが必要で，特に甜菜褐斑病の如く，従来のような集団淘汰法による育種方法ではあまり効果があがらず，且つ個体の病害発生が環境によつて大きく異なるものは当然である。然し本報告に於ける材料は限られたものであり，しかも只1回のみの推定であるので，更に多くの材料を用い，回数を重ねて諸形質の遺伝力のより正確な値を推定し，それによつて最も適切な育種計画を樹てるようにすることが望ましい。

摘　　要

甜菜褐斑病耐病性外4形質について遺伝力及び有効遺伝子数等を推定した。その結果は次のごとくである。

1. 草丈及び葉数の分散は生育の進行に伴つて一般に増加した。

2. 各形質の遺伝力は広義及び狭義いずれの場合も低かつた。草丈及び葉数の遺伝力はそれぞれ生育盛期に最も大きい値を示した。

3. 各形質共にF_2の全分散中に占める環境分散（E）の割合は非常に大きかつた。

4. 耐病性，根中糖分，草丈及び葉数の有効遺伝子数の推定を行つたが各形質とも比較的多くの遺伝子が関与していることが推定された。

参 考 文 献

1) 阿部猛夫 (1953)：Heritability の概念とその機能 (1) 畜産技術，7，21～25.

2) ——— (1954)：Heritability の概念とその機能 (2) 畜産技術，8，18～21.

3) Coons, G. H. (1953): Disease resistance breeding of sugar beet 1918～52. Phytop., 43.

4) Culbertson, J. O. (1942)：Inheritance of factors influencing sucrose percentage in *B. vulgaris*. Jour. Agr. Res., 64, 3, 153～172.

5) Dahlberg, H. W., Maxon, A. C. and Brewbaker, H. E. (1940)：Breeding for resistance to leaf-spot and other characters. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech., Regional part II, 169～180.

6) Gotoh, K. (1953)：Genetic studies on eggplant (*Solanum melongena* L.) I. Regression analysis of quantitative characters and estimation of

minimum number of genes. Genetica, 26, 445～452.

7) ——— (1953) : Ditto. II The heritability of some quantitative characters and estimation of minimum number of genes. Genetica, 26, 453～467.

8) ——— (1954) : Ditto. III Further investigations regarding the degree of heritability and number of effective factors. Japan. Jour. of Genet., 29, 89～97.

9) 井山審也 (1955) : 葉タバコの中骨歩合と葉形の遺伝学的研究 育種学雑誌, 4 (4), 203～207.

10) Kohls, H. L. (1950) : A genetic study of 17F_1 hybrids and their inbred parents. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech., 6. 165～170.

11) 升尾洋一郎・菊地文雄 (1955) : 亜麻量的形質の遺伝力 (Heritability) について 北. 農. 試. 彙報, 68, 25～30.

12) Mather, K. (1949) : Biometrical Genetics. Methuen, London.

13) 中村直彦・館 陟 (1953) : 玉蜀黍の雑種後代による一代雑種採種について 育種学雑誌, 2 (3), 142～146.

14) ——— (1954) : Heritability. 農業統計研究, 2 (2), 23～29.

15) 酒井寛一 (1952) : 植物育種学.

16) Warner, J. N. (1952) : A method for estimating heritability. Agron. Jour., 44, (8), 427～430.

17) Weber, C. R. (1950) : Inheritance and interrelation of some agronomic and chemical characters in an interspecific cross in soybean, *Glycine max* × *G. ussuriensis*. Res. Bull. 374. Ames. Iowa, June.

18) ———, Moorthy, B. R. (1952) : Heritable and nonheritable relationships and variability of oil content and agronomic characters in the F_2 generation of soybean crosses. Agron, Jour., 44 (4), 202～209.

19) 吉野至德・尾崎 薫・斎藤正隆 (1955) : 高脂肪性大豆の育種に関する研究 第1報 雑種初期世代に於ける脂肪含量と他の主要形質との関係. 北.農.試.彙報, 68, 15～24.

Résumé

The heritability and the number of effective genes connected with five characters of sugar beet, viz., the leaf-spot resistance against *Cercospora beticola*, sugar content, root weight, plant height and number of leaves were estimated respectively. Consquently the following results were obtained.

1) The variance of plant height and number of leaves increased by degrees as the plants grow up.

2) The heritability values of each character were generally low both in the broad and narrow sense, and those of plant height and leaves were most high in the flourishing stage.

3) The error variance (E) included in the total variance of F_2 was very large as compared with other variance components (i. e. D and H).

4) The number of effective factors with respect to four characters, viz., resistance to the leaf-spot, sugar content, plant height and number of leaves, were calculated by Mather's formula, and it was estimated that relatively many effective factors were concerned with those characters.

燕麥の廣巾播に關する研究（豫報）

田端聖司* 熊谷健*

PRELIMINARY STUDIES ON THE WIDER SOWING WIDTH IN OATS

By Seiji TABATA and Takeshi KUMAGAI

緒　　論

北海道は農家1戸当り経営面積が大きく畜力利用による栽培管理が行われる関係上，本州の場合と著しく趣を異にし，麦類の栽植様式は播巾2寸，畦間1尺6～8寸程度が一般的となつている。しかし畦巾を一定にし播巾を2～4寸に変えた場合を比較すると，播巾が大となるに従い収量が増加する傾向が認められる。従つて府県において実施されている播巾の大なる栽培法は，本道における燕麦栽培にも効果が期待されるが，より集約栽培で甚だしく労力を要する結果となるので，これが実施については種々の検討すべき点が多い。しかして今後更に経営の合理化と当作物の耕種技術の向上を図るためにも広巾播栽培に対する効果とその適応性について明らかにしておくことは大切と思われる。ここに広巾播に関する2，3の研究結果を報告し今後の研究上の参考に供したい。

本試験において，播巾24cm及び36cmの広巾2区を設けたが，これらの畦巾は何れも50cmであるため畦間は夫々26cmと14cmとなつた。従つてかかる栽培法においては畜力利用は到底不可能であるが，本試験では農作業に対する検討は後日に譲ることとし，まず最初に播巾率を極端に増加した場合，作物自体の生育が如何に影響されるかを調査し，今後の試験遂行上の基本的知見を得ようと考えた。

* 畜産部飼料作物第1研究室

材料及び方法

供試材料は北海道に広く栽培される代表的品種「ビクトリー1号」を供試した。1953年北海道農業試験場琴似圃場において第1表に示す如く，播

第1表　1953年における試験区一覧

Table 1　Schedule of treatment in 1953.

処理区	坪当播種量	播　巾	播巾内栽植密度比率*
	粒	cm	
1	560	12	100
2	560	18	70
3	560	24	50
4	840	12	150
5	840	18	100
6	840	24	80
7	1120	12	200
8	1120	18	130
9	1120	24	100

1）* 処理区1の播巾栽植密度を100とした対比率
2）畝巾50cm

種量と播巾の2要因とし，何れも3処理を設けた。1954年は同試験場月寒圃場において上記要因の外に更に肥料処理も加え実施した。その処理区の一覧を第2表に示す。即ち肥料は標準と多肥，播種量は坪当560粒，1120粒の2区，播巾は12cm（標準），24cm，36cmの3区を設けた。なお表中に第1区の単位播種面積当栽植密度を1とし，これと他区の栽植密度を比較算出し掲載したが，これは考察する場合の便宜のため示したものである。

第3表は両年の耕種梗概を示す。1953年は1区

第2表　1954年における試験区一覧

Table 2 Schedule of treatment in 1954.

処理区	肥料	坪当播種量	播巾	播巾内栽植密度比率*
		粒	cm	
1	標準	560	12	100
2	〃	560	24	50
3	〃	560	36	30
4	〃	1120	12	200
5	〃	1120	24	100
6	〃	1120	36	70
7	多肥	560	12	100
8	〃	560	24	50
9	〃	560	36	30
10	〃	1120	12	200
11	〃	1120	24	100
12	〃	1120	36	70

1)　* 処理区1の栽植密度を100とした場合の対比率
2)　畝巾50cm

2.5坪，2要因のSplit plot design 3反覆制とし大試験区に播種量，小試験区に播巾を配置した。1954年は1区3.7坪3要因の Split plot design 2反覆制とし大試験区は肥料，中試験区は播種量，小試験区は播巾の各区を任意配置したものである。

第3表　耕　種　梗　概

Table 3 Outline of farm management.

年次	前作物	播種期	畝巾	反当肥料要素量 N	P_2O_5	K_2O	管理 中耕除草	培土
			cm	kg	kg	kg		
1953	甜菜	4月27日	50	2.4	5.0	0.4	—	—
1954	玉蜀黍	4月24日	50	1) 2.4	5.0	0.4	5月21日 6月1,11,19日	6月18日
				2) 4.8	10.0	0.8	同上	同上

実験結果並びに考察

1953年の試験成績は第4～6表のとおりである。出穂期及び成熟期については殆ど顕著な差異を示さなかつた。稈長は最大約10cmの相違があり，一般に播種量が少ない方が長稈となる傾向があるが，各播巾区を比較すると播巾の狭い区の方がむしろ短稈であつた。穂長は播種量が少ないほど長くなり，播巾は12cm区及び24cm区が18cm区に比較して何れも長かつた。茎数は播種量が増すに従い多くなり且つ広巾になるにつれて増加する。このように各区坪当株数が等しく広巾の方がむしろ栽植密度が小であるに拘らず茎数に著しく差異のあるのは，いわゆる広巾薄播による効果であると推察される。穂数は茎数とほぼ同じ傾向を示し，広巾の区が何れも処理区1に比し大である。しかし広巾区の2区を比較すると24cm区はより無効分蘖が多く，たとえ播種量が著しく増加しても穂数は増さなかつた。従つて24cm区は栽植密度約0.8位が収量の限界点であると思われる。即ち他の要因（例えば肥料増加）が加えられない限りこの限界点は変動がないものと思考されるが，これに関しては更に実験を重ねることにより明らかにされるであろう。次に各播巾別子実重の差異について分散分析を行つたが，その結

第4表　圃場調査成績（1953）

Table 4 Results of measurement in field.（1953）

処理区	発芽期	成熟期	稈長	穂長	30cm間 茎数	30cm間 穂数	無効分蘖割合
	月 日	月 日	cm	cm	本	本	%
1	5. 8	8.14	136.6	22.3	34.7	28.3	18.4
2	〃	8.12	138.7	22.2	32.3	32.0	0.9
3	〃	8.15	139.1	22.4	42.0	35.7	15.7
4	〃	8.14	131.6	21.9	40.7	36.3	10.8
5	〃	8.14	133.8	21.5	45.7	41.7	8.8
6	〃	8.12	134.5	22.1	44.7	41.0	8.3
7	〃	8.14	130.5	21.0	46.0	41.0	10.9
8	〃	8.12	130.3	20.9	53.3	50.0	6.2
9	〃	8.12	132.9	21.2	52.0	47.3	9.0

第5表　収穫物調査成績（1953）

Table 5 Results of measurements of ripen materials.（1953）

処理区	反当総重	反当茎稈重	反当子実重	子実重対標準比	一升重	千粒重
	貫	貫	貫	%	匁	g
1	257.9	148.4	75.4	100.0	219.7	36.2
2	260.0	148.4	81.8	108.5	228.9	36.7
3	320.0	207.4	71.2	94.4	226.9	36.5
4	276.8	167.4	78.5	104.2	230.2	35.3
5	279.0	165.3	80.2	106.4	229.6	37.0
6	265.3	153.7	81.3	107.8	231.4	35.0
7	280.0	166.3	81.1	107.5	231.4	36.0
8	269.5	167.4	80.6	107.0	230.7	35.4
9	267.4	159.0	77.5	102.8	229.1	34.8

果は第6表に示すとおり統計的に有意性がなかつた。しかし子実収量について仔細にみると，播種

第6表　子実収量に関する分散分析表（1953）

Table 6 Analysis of variance of grain yield.（1953）

要因	d. f.	Sum of Square	Mean Square	F
ブロック	2	1,466.74	733.37	4.23
播種量	2	851.63	425.82	2.46
誤差（a）	4	693.48	173.37	
計	8	3,011.85		
播巾	2	824.96	412.48	1.14
播巾×播種量	4	1,244.59	311.15	
誤差（b）	12	4,330.45	360.87	
全体	26	9,411.85		

量が多くなるにつれ一般に大となるが，上述の如く24cm区は播種量1.5倍区（処理6）が最大となり，播種量をそれ以上増しても収量は多くならない。これに反し広巾18cm区は播種量普通区が栽植密度0.7で最大，更に播種量増加区では特に著しく減収は示さず限界点が明らかでなかつた。

次に12cm区は播種量を増すに従い収量は増加したので，恐らく限界点は栽植密度の更に大なる場合にあると推測される。これは麦の生育に畦間が重要であることの事例であり，畦間と播巾の検討により両者の合理的長さを決定すれば更に収量の増加を期待することが出来ると思われる。これを要するに1953年の結果は畦巾50cm，広巾18cm区が他の2区より播種量に対する適応性の巾が広く，今後この播巾区を中心とした検討，即ち播巾及び畦間と他の要因との関係について究明が必要と考えられる。

1954年の試験は前年の成績を参考にして特に次の2点を明らかにしようと試みた。

1）播巾を更に極端に増加した場合，燕麦自体の生育がどのようになるか。

2）肥料を加えることにより広巾の効果が認められるか。

その結果は第7～9表に示すとおりである。これによると出穂期及び成熟期は殆ど差異が認められなかつた。稈長は多肥区が特に長いが，各播巾区を比較すると播巾の狭い方が長く，殊に多肥の場合に差異が著しかつた。穂長については一定の

第7表　圃場調査成績（1954）

Table 7 Results of measurement in field.（1954）

処理区	発芽期	出穂期	成熟期	稈長	穂長	30cm間 茎数	30cm間 穂数	無効分蘗割合
	月 日	月 日	月 日	cm	cm	本	本	%
1	5. 6	7.13	8.18	116.0	21.6	32.5	27.5	15.4
2	5. 5	7.12	8.18	111.8	21.6	34.5	25.5	26.1
3	5. 5	7.12	8.18	115.5	21.4	37.5	29.3	21.9
4	5. 6	7.13	8.18	115.9	21.3	29.5	26.0	11.9
5	5. 5	7.12	8.18	115.3	23.1	31.0	27.3	11.9
6	5. 5	7.12	8.18	115.2	20.6	34.5	30.3	12.2
7	5. 6	7.12	8.18	126.5	22.4	33.5	27.8	17.0
8	5. 5	7.12	8.18	116.2	20.8	39.3	33.3	15.3
9	5. 5	7.12	8.18	120.5	22.5	40.3	34.3	14.9
10	5. 5	7.13	8.18	120.0	22.1	36.8	30.0	22.7
11	5. 6	7.12	8.18	121.6	20.5	49.5	41.5	16.2
12	5. 6	7.12	8.18	120.4	21.2	57.0	44.0	22.8

傾向を掴むことが困難である。茎数及び穂数は播種量が増加し且つ播巾が広くなるに従い多くなつた。無効分蘗の割合は，播種量が多い場合は一般に少ないが，肥料が増加した36cm区は異常に多く，普通播種量の場合は普通肥料の12cm区及び24cm区が多かつた。無効分蘗割合の多寡は必ずしも第8表の子実収量の多少と完全に平行的とは云

第8表　収穫物調査成績（1954）

Table 8 Results of measurements of ripen materials.（1954）

処理区	反当総重	反当藁稈重	反当子実重	子実重対標準比	1升重	千粒重
	貫	貫	貫	%	匁	g
1	210.5	102.2	90.8	100.0	248	38.1
2	204.4	98.2	91.1	100.2	254	37.4
3	221.0	103.0	101.4	111.6	247	37.7
4	223.8	105.0	104.5	114.9	243	38.1
5	217.7	100.6	98.9	108.7	248	38.9
6	195.8	91.2	90.6	99.7	255	37.3
7	294.0	144.0	128.6	141.6	235	35.9
8	281.8	140.8	121.6	134.0	240	37.6
9	255.5	132.6	108.6	119.4	242	34.2
10	259.9	129.8	110.9	121.9	238	36.0
11	303.7	146.8	128.5	141.3	238	39.0
12	282.2	135.5	110.0	121.0	232	37.8

い難いが，処理区中最も多収を示した処理7，11は他区に較べて何れも無効茎数が多くなつた。一方特に処理12が多かつたことは極端に播巾率を高

第9表 子実収量に関する分散分析表 (1954)
Table 9 Analysis of variance of grain yield. (1954)

要因	d. f	Sum of Square	Mean Square	F
ブロック	1	5,400.00	5,400.00	2.37
肥料	1	198,744.00	198,744.00	87.11
誤差(a)	1	2,281.50	2,281.50	
播種量	1	10.66	10.66	
肥料×播種量	1	4,760.17	4,760.17	1.84
誤差(b)	2	5,168.83	2,584.42	
播巾	2	17,332.58	8,666.29	1.71
肥料×播巾	2	20,034.25	10,017.13	1.98
播種量×播巾	2	10,865.09	5,432.55	1.07
肥料×播種量×播巾	2	34,860.08	17,430.04	3.44
誤差(c)	8	40,528.67	5,066.08	
全体	3	206,425.50		

めた場合，単に肥料並びに播種量を増加しただけでは収量を高め得ることが殆ど不可能であることを示す。子実収量に関する分散分析の結果は第9表に示すとおりで，統計的に有意性が認められなかつた。これを要するに広巾播の24cm区は12cm区と比べると，坪当播種量が同一の場合は薄播の効果は認められず,播種量を2倍に増量した場合，標準巾区に比較して約8%の増収を示した。しかし標準区の種子増量区は約14%増収しているのでこれに比べると劣つた。肥料を増加した場合は両区とも増収し，標準播種量区においては12cm区が優つたが，播種量を増すと逆に24cm区が優つた。従つて24cm区は播種量と肥料を共に増加することにより広巾播の効果が示された。又2要因を全然考慮しない場合はむしろ普通巾の方が良好であろうと考えられる。次に更に播巾率が高く畦間が狭い36cm区をみると，前述の24cm区とは趣を異にし，播種量が増すと逆に劣り，薄播の方が良好な生育を示した。しかして肥料及び播種量を増加しても，なんら薄播増肥区と変りがなく前述の播巾区の増収率に比べればかなり劣つた。

麦の最高収量を得るためには第一に畦間が狭く且つ播巾率が高いことが必要と考えられるが，愛媛県農業試験場の試験結果によると畦巾が2尺で播巾率が60%の場合に他の何れの区よりも最高収量を示した。又鳥取県農業試験場において広巾播と肥料との関係を試験したが，これによると広巾播の効果は肥料が多いときに著しいことを確認した。

本試験は燕麦を用いて，従来の播巾を標準にとり，畦巾を一定にして順次播巾を広くした場合，果して多収効果を直ちに示すかどうか，或はどのような要因が加わつた際にその効果が顕著であるかの2点を主として解明しようと試みたものである。その結果両年を通覧して次のことが明らかにされた。

1. 広巾播の効果は播巾18cm乃至多くても24cm以内で，36cm巾においては他の要因を考慮しても増収効果は低い。

2. 24cm巾においては第1に増肥，第2に播種量の増加が大切で，両因を併行した場合に著しく広巾の効果が高まるが，これらを考慮しない時にはそれほど効果を認めることが出来ない。

3. 播巾率を極端に増加しても，根を充分に発育させ且つ養分吸収に適当な畦間を保有しない場合は広巾の効果は期待されない。

4. 肥料を増施しない場合，12cm区と18cm区の増収の限界点はこの試験からは明らかでないので，これに関する今後の検討は必要と考えられるが，播巾率30%内外の18cm附近の広巾栽培は増収効果が著しいものと思われる。

Résumé

It is well known in some districts of the mainland in Japan that the wider sowing width in, less sowing rate is the principal factor of increasing the grain yields in wheat. However, there is as yet little available information as to what is involved in the relations between the wider sowing width and the production of the grain yields in oats. Hence it is perhaps interesting to decide the effect of the wider sowing width in oats. The present report gives a brief survey on sowing width; tillage was left out of consideration.

Experiments were carried out to

analyse the effect of wider sowing width on the growth and grain yields in oats. The main steps in the analysis were (1) to study whether the wider sowing width in comparison with common sowing width can increase the grain yields of oats or not, just as in the case of wheat in Japan and (2) to study whether any favorable factors to redouble the effect of wider sowing width can be ascertained or not.

Experiments were carried out during 1953～1954 at the Hokkaido Agricultural Experiment Station. The variety used was Victory No. 1 which is grown extensively in Hokkaido.The treatments employed in 1953 are as follows:

Treat. No.	Rate of seeding (per Tsubo*)	Width of sowing	Ratio of density of stands in sowing width
1	560 kernels	12 cm	100
2	〃 〃	18 〃	70
3	〃 〃	24 〃	50
4	840 〃	12 〃	150
5	〃 〃	18 〃	100
6	〃 〃	24 〃	80
7	1120 〃	12 〃	200
8	〃 〃	18 〃	130
9	〃 〃	24 〃	100

* 1 Tsubo equals 3.305m²

The treatments employed in 1954 are as follows:

Treat. No.	Fertilizers	Rate of seeding (per Tsubo*)	Width of sowing	Ratio of density of stands in sowing width
1	Standard	560 kernels	12cm	100
2	〃	〃 〃	24 〃	50
3	〃	〃 〃	36 〃	30
4	〃	1120 〃	12 〃	200
5	〃	〃 〃	24 〃	100
6	〃	〃 〃	36 〃	70
7	Heavy manuring	560 〃	12 〃	100
8	〃	〃 〃	24 〃	50
9	〃	〃 〃	36 〃	30
10	〃	〃 〃	12 〃	200
11	〃	〃 〃	24 〃	100
12	〃	〃 〃	36 〃	70

* 1 Tsubo equals 3.305m²

The results obtained in two years may be briefly summarized as follows:

1) The effect of wider sowing width on grain yields was most remarkable in the cases of 12 cm and 18 cm width. However, it was not so apparent in 36 cm width in spite of adding further factors (fertilizers or rate of seeding).

2) With regard to 24 cm width, the effect upon the yield was remarkable when increase of fertilizers or rate seeding was employed. But if these factors were not added, no increase of grain yields could be expected at all.

3) Even if the ratio of sowing width to the row distance is higher, the grain yield does not increase. Perhaps these results indicate that as the spacing between the ridges was too narrow, the oats were unable fully to develop their roots and so the absorption of nutritive substances was decreased.

4) When the fertilizers were not added, the limiting points of the production of grain yield in both 12 cm and 18 cm width were not apparent. Accordingly the investigations, examining the widths of 18 cm and more or less, should be conducted in the future on a larger scale.

It is conceivable that oats may give much more consistent yields, like the wheat grown in some districts of mainland in Japan, when seeded in wider sowing width with higher ratio of sowing width to the row distance than when seeded in usual manner.

除虫菊に對する要水量に関する調査

山　田　岩　男*

INVESTIGATION ON WATER REQUIREMENT OF PYRETHRUM PLANT

By Iwao YAMADA

除虫菊の生育に対して，どの程度の水分を要するかに就ては，今まで調査されていないが，昭和18年及び同19年に於ける栽培期間の寡雨が，作物の生育，収量に及ぼした影響に就いて観察したところによると，除虫菊に対する旱魃の影響は，他作物に対するほど深刻でなかつたようである。これは除虫菊は概して耐旱性の高いこと，或いは生育期間の短いこと等によるであろう。府県では除虫菊の「日照々作」などの言葉があるが[9]，概して排水の良好なところに栽培されることから考えても，除虫菊は耐旱性が高いと思われる。いわゆる要水量は土壌水分の多少によつて相違し[1,2-5,16,17,18]，作物の種類[1,11,15,18]によつて異り，その他の立地条件[1,5,10,12,13]によつても相違するが，従来の実験結果から見ると，作物の生育に恰適する土壌水分含量は，容水量の60～80%とされている[6,7]。圃場の土壌水分は気候条件によつて変化し，一方排水施設，有機物の補給[16]，土壌の管理[3,4,14]によつても調節しうるのである。除虫菊の栽培に当つて，要水量について調査し，土壌水分の適否を知ることは，前述の意味に於いて必要と考えるのである。

1. 実 験 方 法

「北海1号」3年株をワグネル2万分の1反植木鉢に1本宛栽培した(昭和19年5月15日)。土壌表面からの水分の蒸発は，中央に孔を有するブリキ製の蓋で覆つて防ぎ，孔には綿栓を施した。爾後毎日定時刻に植木鉢の重量を秤量し，不足した水分を補給した。又植物体の重量の増加量は，1週間毎に，圃場に栽植してある生育の略同様の株を秤量して，推定量として加算した。

供試土壌は上川郡和寒村在の旧和寒除虫菊試験地圃場の土壌であつて，風乾土壌を11 kg宛充填した。土壌水分は，飽和容水量(49.96%)の100%，80%，60%になるように水を補給した。然し実際土壌全体を予定した水分とすることは困難であつて，調査の終了後，植木鉢の土壌の上，中，下の3部分について調査した結果は第1表のとおりであつた。

第1表　土壌水分含量，飽和要水量に対する割合

Table 1　Water contents of soil used and its ratio to saturate water content.

区　別	100%区	80%区	60%区
上	% 27.07	% 25.55	% 15.90
中	29.53	27.32	25.38
下	32.30	29.12	27.60
平　均	29.63	27.33	22.96
容　水　量	42.10	37.61	29.80
飽和要水量に対する割合	84	77	60

生育調査は5月27日，後3日毎に草丈を調査し，開花後毎日開花数を測定した。7月9日に収穫し，地上部は花及び茎葉に分け，なお地下部は，出来るだけ損失のないように水洗して風乾した。なお本調査は3区制で行つた。

2. 実験結果及び論議

活着の状況は水分含量の多いものは良好であつ

* 作物部特用作物第2研究室

たが，少ないものは良好でなかつた。5 月 27 日以降 3 日毎に調査した草丈の伸長状況は，第 2 表のとおりであるが，6月中旬以降急速な伸長を示し，土壌水分含量の多いものほど良好であり，開花以後は伸長は少ない。

第 2 表　生育各時期に於ける草丈

Table 2　Height of pyrethrum plants at several stage of their growth.

区別 調査月日	草丈 (cm) 100%区 1	2	80%区 3	4	60%区 5	6
5.27	12.3	13.0	12.0	10.4	11.2	10.3
30	12.4	13.7	13.1	10.4	11.7	10.6
6. 2	13.5	14.8	13.5	10.6	11.2	12.1
5	16.8	18.0	15.4	11.8	13.0	12.5
8	18.5	20.6	18.5	13.5	13.6	13.0
11	21.8	23.9	21.4	15.5	12.6	12.1
14	27.8	23.9	24.2	19.4	14.2	13.4
17	33.0	34.5	30.4	24.6	16.8	16.2
20	40.8	41.0	36.2	31.4	22.0	21.8
23	42.8	42.6	39.1	35.1	24.2	24.1
26	47.2	47.2	42.8	39.2	29.5	29.0
29	49.9	49.0	43.8	42.4	32.7	32.0
7. 2	52.0	50.0	45.2	44.6	35.7	34.5
5	53.4	51.0	45.5	45.6	35.3	35.5
8	54.3	51.0	47.0	46.0	37.0	38.8

圃場に於ける除虫菊の草丈と比較すると，土壌水分を飽和容水量の84%に調節した実験区 1 及び 2 は大差のない伸長を示していたが，77%とした実験区 3 及び 4 は約 90%，60% としたものは約 70%の伸長程度であつた。開花は 100 %に調節した実験区 2 が，6 月 29 日に開花し始めたが，土壌水分含量の少ないものは，開花はかなり抑制された。又開花数も84%と77%とでは差はないが ,これより水分含量の少ない場合は，開花数もかなり少ない。圃場に於ける除虫菊の着花数と比較すると，本実験に於ける数はかなり少なく，約30%程度であるが，春に移植したために不定芽の発育が抑制されたためと考えられる。このことは，乾物重の生産に於ても認められる。

管状花の直徑及び舌状花の長さに関し主軸に着生した花について，測定した結果は第 4 表のとおりであつて，水分含量が低下すると乾花の大きさも減少する。

第 3 表　1 日に於ける開花した頭状花数

Table 3　Numbers of flowerheads flowered during a day.

区別 調査月日	頭状花数 (%) 100%区 1	2	80%区 3	4	60%区 5	6
6.29	—	2	—	—	—	—
30	—	2	—	—	—	—
7. 1	5	8	3	1	—	—
2	0	—	1	—	—	—
3	5	2	3	1	—	—
4	3	1	2	5	—	—
5	3	4	2	6	—	1
6	2	2	4	6	2	1
7	4	1	4	3	3	3
8	—	—	2	1	4	3
9	1	—	—	1	—	3
計	23	22	21	24	9	11

第 4 表　管状花の直徑及び舌状花の長さ

Table 4　Diameter of tublar flowers and length of ligulate flowers of pyrethrum plants.

区　別	100%区 1	2	80%区 3	4	60%区 5	6
管 状 花	19.54 mm	19.65 mm	18.39 mm	18.08 mm	16.22 mm	16.36 mm
舌 状 花	21.88	20.71	20.30	19.00	17.05	17.12

収穫後，花，茎及び根について調査した結果，更に全期間を通じて補給した全水量及び要水量は第 5 表のとおりである。乾物量の生産は，土壌水分含量の少ないものは極めて少なく，茎葉に比して花部の生産が減少する。要水量も水分含量の低下によつて減少するようにみえるが，60%の 6 は本実験中最も高い値を示しており，対花要水量はかえつて水分含量が低下すると高まつているのは土壌水分含量の低下によつて，花の生産が著しく抑制されるためである。

本実験では前述のように春に移植したために，活着が多少阻害されて，正常の生育とはなしえなかつたが，或る程度の目標はえられたと思う。他作物との比較は，同一条件で行つてなすべきであるが，従来えられた結果と比較すると BRIGGS & SHANTZ[2] のもろこしの 303 に相当する値を示して

第5表 収穫物重量，全補給水量及び要水量

Table 5 Weight of yielded plants, total amounts of supplied water and the amounts of required water for pyrethrum.

区別 / 調査月日	100%区		80%区		60%区	
	1	2	3	4	5	6
生体重 g	146	126	117	114	77	76
花（乾物）g	6.41	6.42	4.54	5.09	2.49	2.27
茎（〃）g	27.57	26.10	23.35	22.83	20.62	18.47
根（〃）g	8.57	6.68	6.24	6.02	4.97	3.88
合計 g	42.55	39.20	34.13	33.94	28.08	24.62
補給した全水量 g	13800	13030	11770	9970	8570	8490
要水量%	324	33.2	3.27	2.94	3.05	3.45
対花要水量%	21.53	20.30	24.60	19.59	34.42	37.41

いて，麦類等に比べるとかなり除虫菊の要水量は少ない。SHANTZ & PIEMEISEL[15] の結果に於ても，もろこし或は粟に匹敵しており，MAXIMOV & ALEXANDROV[11] の文献に徴しても，除虫菊の要水量は，多い部類でなく，麦類の約60%程度に相当するものと考えられる。

摘　　要

除虫菊は耐旱性の強い作物と考えられているが，著者はその要水量を明らかにしようとして1944年に実験を行つた。その結果を要約すると次のとおりである。

1. 生育には飽和容水量の84%にしたものが最もよく，77%ではおよそその90%で，60%にしたものでは約70%に低下した。

2. 開花は土壌水分含量が少ないとかなり抑制される。開花数は飽和容水量の77%よりも少なくなるとかなり減少する。管状花の直径，舌状花の長さも土壌水分が少なくなるにつれ減少する。

3. 乾物量の生産は土壌水分の少ないものは極めて少なく，要水量も水分含量の低下によつて減少する。ただ土壌飽和容水量の60%にしたものでは，要水量が最も高く，対花要水量が高まつているのは土壌水分含量の低下で花の生産が著しく抑制されるためである。

4. 除虫菊の要水量は従来得られた結果と比較すると，もろこしに相当し，麦類に比して約60%程度である。

参 考 文 献

1. BRIGGS, L. J. and H. L. SHANTZ (1913): The water requirement of plants. I. Investigation on the great plains in 1910 and 1911. U. S. Dept. Agr. Bur. Plant Ind. Bull. 248.
2. ――――――, ―――― (1914): Relative water requirement of plants. Jour. Agr Res., 3 : 1～63.
3. BROCKEN, A. F. (1940): Effect of various soil treatments on nitrates, soil moistue, and yield of winter wheat. Soil Sci., 50 : 175～188.
4. CALL, L. E. (1915): The effect of different methods of preparing a seedbed for winter wheat upon yield, soil moisture, and nitrates. Jour. Amer. Soc. Agron., 6 : 249～259.
5. 榎本中衞・鍋島直紹（1936）: 土壌水分の棉の生育に及ぼす影響．九大農．学芸雑誌，7 : 150～164.
6. FITTBOGEN, T. (1873): Untersuchungen über das für eine normale Produktion der Haferpflanzen notwendige Minimum von Bodenfeuchtigkeit, sowie über die Aufnahme von Bestandteilen des Bodens heiverschiedenem Wassergehalt desselben Land. Landw., 2 :
7) KIESSELBACH, T. A. (1910): Transpiration experiments with corn plant. Nebraska Agr. Exp. Sta. 23d. Ann. Rept.
8. 纐纈理一郎・永沢勝男（1936）: 要水量研究場面に於ける組織粉末法の利用 九大農．学芸雑誌，7 : 211～227.
9) 河野 肇（1944）: 除虫菊の栽培法．第1回除虫菊増産技術講習会講演集．26頁．
10) MACK, W. B., and ALDEN P. TUTTLE (1932): The relations among fertilizer treatments, soil moisture, organic matter and yield of vegetables. Jour. Amer. Soc. Agron., 24 : 182～201.
11) MAXIMOV. N. A. and V. ALEXANDROV (1917): The water requirement and drought resistance of plants. Trav. Jard. Bot. de Tiflis., 19.
12) MEYER, B. S. (1931): Effects of mineral salts upon transpiration and water requirement of the cotton plants. Amer. Jour. Bot., 18 :

79〜93.

13) MUENCHER, W. C. (1922): The effect of transpiration on the absorption of salts by plants. ibid., 9 : 311〜329.

14) 村越信夫 (1932): 公主嶺に於ける相異なれる耕鋤深度別による土壌水分分布と植生との関係 札・農林., 24 : 345〜346.

15) SHANTZ, H. L. and L. N. PIEMEISEL (1927): The water requirement of plants at Akron, Colorado. Jour. Agr. Res., 34 : 1094〜1190.

16) 寺田愼一・吉武嘉三 (1931): 満洲に於ける棉の生育と水分との関係 1. 蒸散作用及要水量 農試研究時報, 3 : 1〜56.

17) ———, ——— (1931): 土壌水分と棉の生育収量及要水量との関係 熱帯農学会誌, 3 : 337〜353.

18) 山田 登 (1943): 作物の要水量に影響する諸条件 華北産業科学研究所調査資料, 第30.

Résumé

The author conducted investegations on the pyrethrum plant in 1944 at the Wassamu Pyrethrum Exp. Farm to ascertain their water requirement, as they are said to be resistant to drought. Results obtained are as follows:

1) Growth and flowering are checked by a decrease in soil water contents.

2) Dry weight of yielded plants and amounts of required water vary in accordance with the water content of the soil.

3) It seems from the results that the water requirement of pyrethrum plants is relatively as small as that of sorghum, being equal to about 60 % of what is required for wheat plants.

水田の水温と地温について

千　葉　　豪*

ON WATER- AND SOIL- TEMPERATURE IN A PADDY FIELD

By Takeshi CHIBA

1 緒　　言

水田に於ける温度の垂直分布を調査した報告は非常に多く，この垂直分布から水田の熱収支を求めた例も少なくない。[1)2)3)] しかし表面温度の測定が困難であるため，温度の垂直分布が不正確になり，時には全く違つた結果を来す場合も考えられる。筆者は表面温度の誤差があまり入らない方法で熱収支を計算し，これに基づいて水田の水温と地温に考察を加えてみた。

2 測定及び計算の方法

観測は6月の晴れた日，広さ約1反の水田の中央で行つた。気温，水温，地温の測定には自記抵抗寒暖計を用い，日射量はゴルチンスキー日射計を自記せしめて求めた。観測期間中に於ける水田の滲透量は平均約0.3 mm/hr で水深はほぼ 5 cm を保つていた。

今，単位面積の切口をもち，母線が水面から垂直に地中へ向う半無限の柱体を考えれば，この柱体の単位時間に於ける温度上昇に用いられた熱量は，この時間に柱体が貰つた熱量と失つた熱量の差に等しい。いつも仮定されるように水平方向の熱の流れが小さいとすれば，日射による温度の日変化について考える場合は単位時間毎に総べての柱体につき次の式が成り立つ。

$$H_e+H_w=I_E-H_E-H_C \qquad (1)$$

H_e：地温上昇に用いられた熱量

H_w：水温上昇に用いられた熱量

I_E：有効日射

H_E：蒸発で失われた熱量

H_c：輻射対流で失われた熱量

上式の中，始めの4値は実測及び計算によつて求め，これらの値から H_c を算出した。即ち

$$H_e=\int_0^{z_c} c\rho\ (\theta_t-\theta_{t-1})\ dz \qquad (2)$$

C：土壌の比熱

ρ：土壌の密度

θ_t：時刻 t に於ける深さZの地温

z_c：地温の日変化がなくなる深さ（46cm）

$$H_w=d\ (\theta_t'-\theta'_{t-1}) \qquad (3)$$

d：水深

θ_t'：時刻 t に於ける平均水温

I_E＝(日射量)－(反射消失)

H_E＝590×(蒸発量)

単位はすべてcal/hr cm²である。

(2) 式に於けるH_eの中には地表温が含まれているが，その誤差がH_eの総量に及ぼす影響は少ない。又(3)式に於けるθ_t'は水深の中央で測定した値であり，大きい測温抵抗体を用いてあるのでほぼ深さに関する平均水温を現わしていると考えてよい。[4)]

次に水中に入る熱に着目すれば，第一に日射の吸収，第二に地面反射の吸収，第三に土壌からの流入が考えられる。このうち，日射の吸収，地面反射の吸収は水深，太陽高度，地面の反射率及び水の波長別吸収係数[5)]から求めることができる。又土壌面から出るような長波長の輻射は大部分が水に吸収され空気中には逃げないから単位時間に土壌より水に入る熱は次式で計算される。

$$H_{we}=I_e-H_e \qquad (4)$$

* 農業物理部農業気象研究室

H_{we} : 土壌が水に与えた熱量

I_e : 土壌が吸収した熱量（有効日射から水の日射吸収を引いたもの）

H_e : 地温上昇に用いられた熱

H_{we} が負の符号になるときは水から土へ熱が流れていることになる。

3 測定結果

測定結果を第1表に示す。第1表の中から適当な時刻のものを取り出し，日射量を100としたときの熱収支を%で示したのが第2表である。第2表には又1日の総量についての比率をも示した。

第2表 熱収支の割合 %

Table 2 Percentage in the heat balance.

	1日の総量	7h～8h	12h～13h	16h～17h
日射量	100	100	100	100
反射消失	8	9	6	10
蒸発熱	40	17	43	73
輻射対流	61	37	16	64
水温上昇	$-4\left(^{+15}_{-19}\right)$	33	6	−50
地温上昇	$-5\left(^{+17}_{-22}\right)$	4	29	5

第1表 水田の熱収支

Table 1 The heat balance in the paddy-field.

時間	日射 I cal/hr cm²	反射消失 Ir cal/hr cm²	有効日射 IE cal/hr cm²	水の日射吸収 Iw cal/hr cm²	土の日射吸収 Ie cal/hr cm²	水温上昇の熱量 Hw cal/hr cm²	地温上昇の熱量 He cal/hr cm²	蒸発熱 HE cal/hr cm²	輻射対流 H cal/hr cm²	水から土壌がもらう熱 Hwe	地表から水に向う温度勾配 C/cm	地表から土に向う温度勾配 C/cm	渦動拡散係数 cm²/sec
12～13	50.5	2.8	47.7	20.4	27.3	3.0	14.6	21.8	8.3	12.7	−2.5	−14.6	3.1
13～14	42.0	2.3	39.7	17.0	22.7	−2.0	8.5	25.9	7.3	14.2	−2.8	−0.85	2.8
14～15	34.8	2.1	32.7	14.0	18.7	−6.5	6.1	12.4	20.7	12.6	−2.5	−0.61	3.1
15～16	22.5	1.6	20.9	9.0	11.9	−9.5	3.4	11.3	15.7	8.5	−1.7	−0.34	2.4
16～17	14.7	1.4	13.3	5.4	7.9	−7.5	0.7	10.7	9.4	7.2	−1.4	−0.07	1.8
17～18	7.2	1.2	6.0	2.7	3.3	−8.0	−2.7	6.2	10.5	6.0	−1.2	0.27	2.1
18～19	1.8	0.7	1.1	0.5	0.6	−5.5	−4.7	4.7	6.6	5.3	−1.1	0.47	1.6
19～20	—	—	—	—	—	−5.0	−8.3	3.9	9.4	8.3	−1.6	0.83	1.8
20～21	—	—	—	—	—	−4.0	−5.0	3.1	5.9	5.0	−1.0	0.50	1.3
21～22	—	—	—	—	—	−4.0	−5.0	3.1	5.9	5.0	−1.0	0.50	1.3
22～23	—	—	—	—	—	−4.5	−8.1	3.1	9.5	8.1	−1.6	0.81	2.0
23～0	—	—	—	—	—	4.5	7.3	2.4	9.4	7.3	1.4	0.73	2.1
0～1	—	—	—	—	—	−1.5	−6.9	1.6	6.8	6.9	−1.4	0.69	1.7
1～2	—	—	—	—	—	−3.5	9.5	0.8	12.3	9.5	1.9	0.95	2.9
2～3	—	—	—	—	—	1.5	5.5	0.8	6.3	5.5	1.1	0.56	1.3
3～4	—	—	—	—	—	−1.0	−6.9	0	7.9	6.9	−1.4	0.69	1.8
4～5	—	—	—	—	—	−1.5	−4.8	0	6.3	4.8	−1.0	0.48	1.6
5～6	7.2	2.7	4.5	2.0	2.8	1.5	3.2	0	9.2	5.7	1.5	0.32	3.5
6～7	14.7	2.5	12.2	5.4	7.6	6.0	−4.2	1.0	9.4	11.0	−2.2	0.42	13.7
7～8	24.6	2.3	22.3	9.8	13.9	8.0	1.0	4.2	9.1	11.5	−2.3	−0.10	—
8～9	35.4	2.6	32.8	14.2	20.7	13.9	4.7	6.5	7.6	13.9	−2.8	−0.47	—
9～10	43.2	2.6	40.6	17.4	25.8	12.0	8.5	8.3	11.8	14.7	−2.9	−0.85	—
10～11	41.5	2.3	39.2	16.8	24.9	8.0	8.5	7.8	14.9	13.9	−2.8	−0.85	15.3
11～12	31.5	1.8	29.7	12.7	18.9	2.5	8.3	7.5	11.3	8.7	1.7	0.83	4.2
12～13	41.5	2.3	39.2	15.7	25.0	6.5	9.5	7.6	15.6	13.0	2.6	0.95	8.6
13～14	40.2	2.3	37.9	16.2	24.1	3.5	8.5	7.8	18.1	13.2	−2.6	−0.85	6.8

1日の総量について見れば，水と土壌が吸収した熱は殆ど全部が蒸発，輻射，対流で失われるが，各時刻に於てはそれぞれ異つた特徴を示して

いる。

4　温度と熱量の時間的変化

温度と熱の時間的変化に関し考察される点を列挙すれば次のとおりである。

(1)　日出から10～11時頃までは水の熱吸収が大きいが，土壌の熱吸収が大となるのは3時間位遅れる。夕方には蒸発，輻射対流が莫大となり，水温はどんどん低下する。

(2)　水と土壌に吸収された熱が温度上昇にあずかるのは，水の場合6～7時から13～14時位まで土壌の場合8～9時から15～16時位までである。水温が1m気温より約4°C以上高くなると放熱が大となり，水温は低下しはじめる。

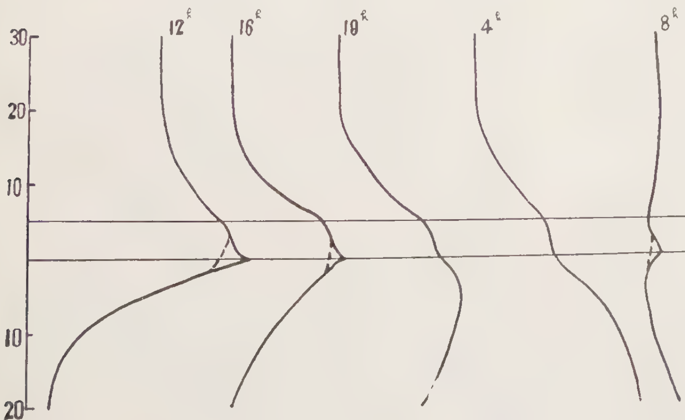
(3)　水温上昇に用いられる熱量の極大は水温の極大より約6時間早い。

(4)　地温上昇に用いられる熱量の極大は地表温の極大より約3時間早い。

(5)　地温上昇に用いられる熱量が正負符号を換えるのは，水温上昇に用いられる熱が符号を換える約3時間後である。

(6)　従つて地表温の極大と水温の極大は起時がほぼ等しい。

要するに日出後低温のうちは水と土壌に入る熱量が大きく，温度が高くなつた時には放熱が大きくなる。又，水に関する温度と熱量は土に関するものより起時が早い。



第1図　水田温度の垂直分布

Fig. 1　Vertical temperature distribution in the paddy-field.

5　地表附近の熱の流れ

第1表に於て(4)式に依つて求めたH_{wo}はすべて正号を持ち，熱は常に地表から水に向つて流れていることを示しているが，これは地表温が常にそのすぐ上の水温より高いことを意味する。温度計を用いて地表温を測定する場合，普通温度計が地表下数mm或いは数cmに設置されるため不正確な温度を示しがちである。第1図に於てこのことを考慮せず，実測の点をそのままつないだのが破線である。実線で示したのは地表附近の温度勾配を考慮して書いた垂直分布で傾向としては正しいものと思われる。温度勾配は次のようにして求めた。

水の対流圏の底部には輻射と伝導だけで熱を伝える薄層がある。土から放出される熱のうち輻射部分は4μ以上の波長をもつため$1/10$ mmの水を通過する間に殆ど全部が吸収される[5]。即ち地表から水に向う熱は0.5mm位の薄層[4]を伝導で流れることになる。故にH_{wo}を水の熱伝導度で割つたものが地表に於ける上向きの単位時間内平均温度勾配である。

次に地表から地中へ向う温度勾配を考える。単位時間に地表からz_eまでの地温上昇に用いられた熱量は，この時間に地表から地中へ流れ込んだ熱量に等しい。今までの計算式に於ても同様であるが，単位時間に地表から入つた熱がこの時間内に地中の深部へ流れ込んでいなければならない理由は何もない。深さによつてはむしろ温度の低下している部分が存在している場合でも，(2)式で求めたH_eが正の符号を持つならば地中のエネルギーは全体として増加していることになり，地中で熱が如何に流れているかに拘らず，増加したエネルギーに相当する熱量が，この時間内に地表から供給されて，土壌のどの部分かに貯えられたと見るより他はない。故にH_eを土壌の熱伝導度で割つたものがこの時間内の地表

に於ける下向きの平均温度勾配である。

上に述べた上向き，下向きの温度勾配は第1表に示してあるが，地表は平滑な固体面ではないので数値そのものは必ずしも正確とは云えない。ただこれの正負を考慮すれば，地表附近に於ける温度の垂直分布をかなり正確に書くことが出来る。ここで地表より水に向う勾配は常に負，地表から地中へ向う勾配は日中負，夜間正であるから，地表温は常に水温より高く，地表直下の地温に対しては，日中は地表の方が高く，夜間は地表が低い。

6 水田の熱収支の機構

上述の事実から水田の熱収支を考察する場合，水面と地表を不連続面とし，熱に関する source と sink を考えるのが便利である。

日射エネルギーのうち水面反射で消失した残りの一部は直接水に吸収されて水温を上げるが他は地表に達して熱となり，伝導によつて常に水と土壌とに与えられる。故に地表は日中に於て太陽と同様一つの熱源と考えることができる。即ち水は太陽から来た輻射を全層にわたつて吸収し，一方地面からの熱は前節に述べた機構に従つて伝導によつて薄層を流れ対流により全層に拡散される。水の日射吸収量を R_i とし，R_i と H_{we} の比をとれば水深5cmの場合およそ晴天の日中では4:3，朝夕に於ては2:5，1日の総計に於て3:4であつた。故に湛水深の小さい場合には地表が強く熱せられて水中の対流が盛んになり，一方日射は湛水の上層に於て多く吸収されるから対流圏の温度勾配は殆ど零になる[4)]。この際地表に一時貯えられる熱量が時間的に変化するのは，太陽のもつ熱量が見掛け上太陽高度と共に変るのと同じである。しかし夜間に於ては水に対する熱源は地表のみとなり，地表に熱を供給するのは土壌である。故に土壌に対して地表は日中こそ熱の供給源であるが，夜間は吸収源となつている。

次に大気に向っては日射の反射消失の他，水面から蒸発，対流，輻射による消失が行われる。この消失には水及び土のもつ熱量が当てられる。上の反射消失には水面からの反射及び地面から反射して水に吸収された残りが含まれ，これを日射量から差引いたものが有効日射である。この場合蒸発熱が水から吸収されようと空気から吸収されようと H_c+H_E は $I_E-(H_e+H_w)$ なる形で計算され，しかも H_E は蒸発の測定から確かに消失しているのであるから，H_c も妥当であるはずである。第1表に於て H_c が常に正の符号を持つのは，水面の温度がいつも気温より高いことを意味する。故に水面は蒸発熱の吸収源であるが他方輻射対流の熱源になつている。

H_c を（水温−1m気温）で割つたものが第1表に於ける渦動拡散係数であり，大体妥当な order と思われる。

7 地表温と水温

今の場合地表温は常に水温より高くなつているが，湛水が深くて日射が地面に達しないような場合には水温の方が地表温より高いこともあるはずである。又日射が地面に達する場合でもごく微量であるため水の対流圏に温度勾配が出来，地表温がすぐ上の水温よりは高いが，深さに関する平均水温より低いということも起り得ると思われる。このようなことは湛水の深さに関係があると思われるので平均水温と地表温の関係を深さの函数で表すことにする。この際普通の水田のように湛水の浅い（20cm以下）場合には，平均水温は湛水深の中央の温度とみてよく，特に日中に於ては前述の薄層を除き水中の温度勾配が殆ど零である。又夜間に於ては水温の低下にともなつて地表から水中へ熱が流れ，このとき温度の垂直分布は比較的簡単で地表温が水温より高いのは当然である。

今，熱に関する1日の周期を日中の部分と夜間の部分に分ければ，日中の部分はほぼsine curveで現わすことが出来る。簡単に地温，水温が24時間を周期とする sine curve で現わされると仮定し，熱に関する日中の sine curve も同じ周期とする。実際に熱に関する周期の日中の部分（地温及び水温を上昇させる熱量で正がある範囲）は12時間より小さいが，少し振巾を広くとつて負の部分を含めれば12時間の半周期をとることは容易である。

前述の半無限の柱体のうち土の部分を考える。

或る時刻に於て単位時間に地温上昇に用いられた熱の総量は，その時間に土壌の各深さの部分の温度上昇に用いられた熱の総和に等しい。即ち

$$C\upsilon\int_0^\infty\left\{\frac{d}{dt}T_z\sin(\omega t+\varphi)\right\}dz=E_e\sin(\omega t+\beta)\quad(5)$$

$C\upsilon$ ： 土壌の体積比熱

T_z ： z の深さに於ける地温の振巾

ω ： 角速度

E_e ： 地温上昇熱の振巾（H_e の極大値）

φ ： 地表温に対する深さZの地温の位相のずれ

β ： 地表温に対する地温上昇熱の位相のずれ

上式に於て熱伝導の方程式より

$$T_z=T_0\,e^{-\frac{z}{\alpha}\sqrt{\frac{\omega}{2}}}\quad(6)$$

$$\varphi=-\frac{z}{\alpha}\sqrt{\frac{\omega}{2}}\quad(7)$$

T_0 ： 地表温の振巾

z ： 地表からの深さ

α^2 ： 温度伝導度

(5)に(6)と(7)を代入して積分すれば

$$C\upsilon T_0\alpha\sqrt{\omega}\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{4}\right)=E_e\sin(\omega t+\beta)\quad(8)$$

(8)式は各時刻に於て成立するから

$$C\upsilon T_0\alpha\sqrt{\omega}=E_e\quad(9)$$

$$\beta=\frac{\pi}{4}\quad(10)$$

次に水の部分については地温の場合と異り平均水温を採れば

$$\int_0^{z_0}\frac{d}{dt}T_w\sin\omega t\,dz=E_w\sin(\omega t+\gamma)\quad(11)$$

T_w ： 深さに関する平均水温の振巾

z_0 ： 水深

E_w ： 水温上昇熱の振巾（H_w の極大値）

γ ： 水温に対する水温上昇熱の位相のずれ

上式を解くと

$$\omega T_w z_0\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)=E_w\sin(\omega t+\gamma)\quad(12)$$

$$\therefore\quad\omega T_w z_0=E_w\quad(13)$$

$$\gamma=\frac{\pi}{2}\quad(14)$$

(10)式に於ける $\frac{\pi}{4}$ は3時間，(14)式に於ける $\frac{\pi}{2}$ は6時間であるから4節(3)，(4)項で述べた事実と一致している。

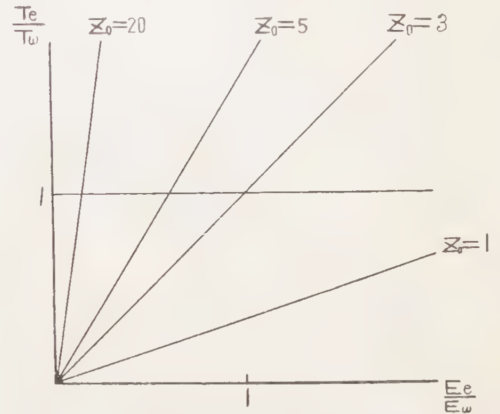
次に(9)，(13)式より

$$\frac{T_e}{T_w}=\frac{\omega z_0}{C\upsilon\sqrt{\omega}}\cdot\frac{E_e}{E_w}\quad(15)$$

測定値を入れて計算すると

$$\frac{T_e}{T_w}=\frac{1}{3}z_0\frac{E_e}{E_w}\quad(16)$$

(16)式はすべてC.G.S.単位を用いてあり，第2図



第2図 一定の水深に於ける温度と熱の関係

Fig. 2 Relation between $\frac{T_e}{T_w}$ and $\frac{E_e}{E_w}$ for the every depth of water.

のように図示される。測定値 $\frac{E_e}{E_w}=0.7$，$z_0=5$ を代入すると $\frac{T_e}{T_w}=\frac{7}{6}$ となり，地表温の振巾は明かに水温の振巾より大きい。しかも4節(6)で述べたように地表温と水温の位相は等しいから，夜間に於て地表温が水温より高い場合には各時刻の地表温が同時刻の水温より高いはずである。又夜間に於て地表温が平均水温より低い場合でも $\frac{T_e}{T_w}$ の値如何で日中の地表温は日中の平均水温より高い場合もあり得る。

夜間の地表温は比較的容易に測定し得るから，水深と水温の測定及び熱収支の計算により，日中の地表温を計算することが出来る。

8 結　　言

普通の水田のように地面と浅い湛水が接している場合には，温度は独特な垂直分布をもつ。即ち地表温は常に水温より高く，水温は常に気温より高い。故に熱の流れも地表より上に於ては下から上へ向い，地表より下に於ては日中は下へ，夜間は上へ流れる。

温度の垂直分布は水深によつて異る様相を呈するはずで，第2図には水深と温度及び熱の関係を図示した。水深がきまつても気象状況によつて水

と土に入る熱が変化するから，地表温と水温の関係は水深だけの函数にはならない。しかも $\frac{E_e}{E_w}$ はzと無関係ではないから，任意のz及び $\frac{E_e}{E_w}$ に対する $\frac{T_e}{T_w}$ を第2図から求めることは無意味である。$\frac{E_e}{E_w}$ をzの函数として表すことができれば上のことは可能になる。今の場合，第2図は $\frac{E_e}{E_w}$ を実測から求めることによつて，又は $\frac{T_e}{T_w}$ を実測することによつてはじめて利用される。

文　　献

1) 三原義秋・矢吹萬寿・谷　信輝：水温上昇に関する研究，(第1報)，農業気象，第6巻，第1号（昭. 25).

2) 能井　基・千葉　豪：水田水温の物理的調査，農業物理研究，第2輯（昭. 27).

3) 能井　基・千葉　豪：水田の熱平衡について，農業気象，第8巻，第34号（昭. 28).

4) 三原義秋・矢吹萬寿・萩原美代子：水温上昇に関する研究，(第3報）農業気象，第3巻，第3，4号（昭. 28).

5) Dorsey N. E. : Property of ordinery water substance, 1940.

Résumé

Accurate vertical temperature distribution in a paddy field was got by estimation of heat balance ; the mechanism of the vertical heat flow in a shallow pool such as a paddy field was explained.

In this case soil surface temperature was always higher than water temperature and water temperature was always higher than air temperature, therefore the sun and the soil surface —— a discontinuous plane which changes the solar radiation into heat, are heat sources of the water of the paddy field while water is the heat source of the atmosphere.

It seems that heat from the soil surface conducts upward through the laminar layer of water of a thickness of several millimeteres and by convection extends into all the water layer.

The soil surface supplies the earth with heat in the day-time and heat is supplied by the earth by night.

As vertical temperature distribution and particularly the relation between water temperature and soil surface temperature seemed to be a function of the depth of water, the author attempted to ascertain the relation among them.

夏季低温時に於ける水田畦間温度の垂直分布

藤　原　　忠*

ON THE VERTICAL DISTRIBUTION OF TEMPERATURE IN THE PADDY FIELD IN THE SUMMER-COOL YEAR, WHEN ABNORMAL LOW TEMPERATURE PREVAILED

By Tadashi FUJIWARA

1. 緒　　言

北海道のような寒地の稲作にとつて，水の持つ保温性は甚だ重要であり，特に凶冷年のような場合，農業気象学的には，冷害軽減のために水温の上昇を図り，適正な深水灌漑を行うことが，最良の手段のように考えられる。たまたま筆者は琴似に於て昭和29年の凶冷型天候下で,異常低温襲来時に水田温度の垂直分布を稲の生育との関連の下に観測することができたが，この結果から低温時に於ける水温の持つ微気象的意義特に水温の稲の繁茂圏内気温即ち畦間気温に及ぼす影響について若干の興味ある事実を得たので，登熟後期の結霜時のデータと併せて報告する。

2. 観測の時期及び方法

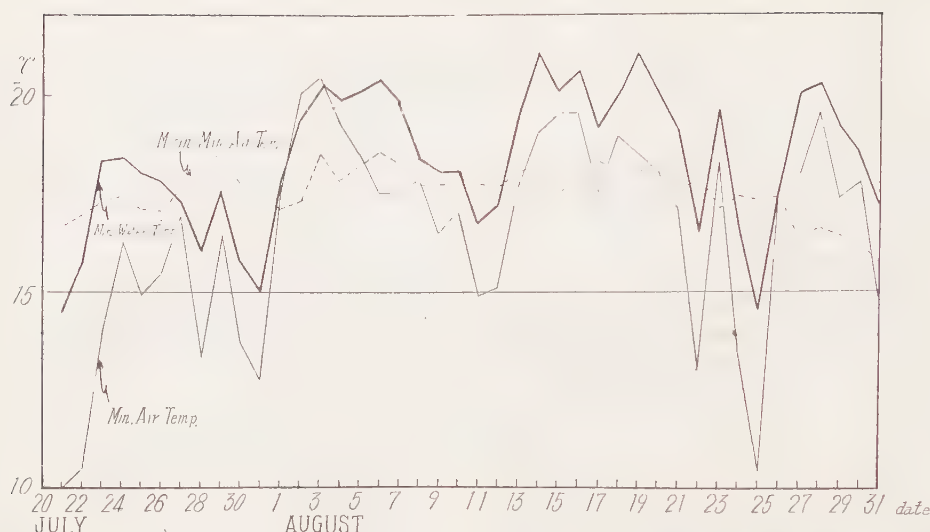
水稲の生育過程からみて，致命的な冷害危険期である幼穂形成期頃より開花期に当る時期と，霜害の危険のある登熟後期の2時期に観測を行つた。昭和29年は春以来の天候不順と生育遅延の関係から，その期間は，前者については7月下旬より8月下旬まで,後者については9月下旬より10月上旬までとなつたが，この両期間に水田畦間温度を，地表上150，100，70，50，30，20，10cm，水温，地下1，10，20cmの11点について，温度の垂直分布を電子管式自動平衡記録温度計を用い記録せしめた。なお観測水田の水深は普通の標準灌漑の水田で，7月下旬頃で4 cm前後，8月下旬で6 cm前後であつた。

3. 観測結果の概要と考察

(1) 毎日の最低氣温と最低水溫との關係

7月下旬より8月下旬までの毎日の最低気温と最低水温とを比較してみると，第1図のようで一般に最低水温は最低気温よりやや高温であるが，特に最低気温が13°C 以下を示す低温日には著しく高い。例えば前日晴天で11°C 以下の低温日の7月21，22及び8月25日の場合で，水温の方が気温より4～5°C も高くなつており，更に前日曇天で13°C内外の最低気温を示した7月28, 30, 31及び8月22,24日の場合は，3°C前後水温の方が高温となつている。このことは水の比熱が大きいことによる当然の結果ではあるが，このように低温日の最低水温が最低気温より著しく高温であることは，寒地稲作にとつて，甚だ重要な意味を持つものと考える。何故ならば稲の冷害危険期である幼穂形成期には，幼穂の位置は未だ地際で水中に没しているから，その温度は全く水温によつて左右されているし，更に幼穂の位置が生長に伴い上昇してきてもある程度の高さまでは，後記するように水温の畦間気温に及ぼす影響を考慮することができるからである。特に昭和29年のような極端な冷害年には,穂の発育中であつても，地上10cm位までの間は幼穂の大部分を水中に没することにより，著しく低温障害を軽減しうることが出来る[2,8)]わけである。このことについては既に過去の研究

* 農業物理部農業気象研究室



第 1 図　昭和29年 7 月21日より 8 月31日に至る間の毎日の最低気温と最低水温

Fig. 1 Minimum air temperature and minimum water temperature from July 21th to August 31th in 1954.

によつても明らかにされているところであるから，ここでは詳しくはふれないことにする。

(2) 水田畦間温度の垂直分布

a） 7 月 21 ～ 22 日の場合（出穂前 35～36 日，幼穂始原体形成期で草丈約40cm）：両日にわたり晴天で日中の水温上昇は顕著であり，又夜間から早朝にかけては風速著しく弱く，地面附近の輻射冷却も著しく，微気象的特徴の発現は良好であった。この場合の最低気温は11°C まで降下したが，最低水温はこれより4.6°C も高温であつた。稲に対して低温障害を与えるほどの異常低温は，1 日のうちでは夜間から早朝にかけて現われる頻度が大きいから，冷害時の場合特にこの時刻の水田温度の垂直分帝が問題になると考え，この時刻の畦間温度の垂直分帝について，次に少しく詳細に調べてみる。その結果は第 1 表からもわかるように低温の現われる夜間から早朝にかけては，水温は気温より著しく高温であるが，この観測結果からは，水温の水田気温に及ぼす影響は草丈 40cm 前後の幼穂始原体形成期頃では地上 20cm 前後までと考えられる。即ちそれより下方の気温は，それより上方の気温よりやや高温となり，その度合は下方に進むほど，換言すれば水面に近づくほど大きくなる。今，その度合を 7 月21日の21時より翌22日の朝 5 時までについてとり出して調べてみると，20cm で 0.2～0.9°C，10cm で 0.6～2.1°C，1.5m 気温より高温である。この時期には稲の草丈は 40 cm 前後で，茎葉の繁茂も未だ著しい時期でないのにこのように水温の畦間気温に及ぼす影響がみられるのは興味深いことである。

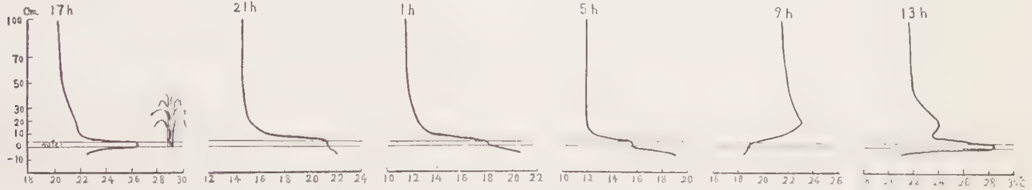
b） 8 月 21 ～ 22 日の場合（出穂前 4 ～ 5 日，穂孕期で草丈は約70cm）： この場合は 8 月21日の日中が曇天で，その夜から晴れると共に温度が降下したので，この天候と，稲の茎葉の繁茂度の増大による日射の水面への投入率の減少により，水温の上昇は a の場合のようには顕著ではなかつた。然し水温の畦間気温に及ぼす影響が，a の場合よりもかえつて明瞭に観測され得たのは，当時の稲の茎葉の繁茂増大が，その微気象的特徴の発現を著しく良好にした結果であろう。なおこの場合の最低気温は 12.9°C まで降下したが，最低水温はこれより3.5°C 高温であつた。次に a に於けると同様，夜間から早朝にかけての温度の垂直分布観測の結果から，水温の畦間気温に及ぼす高度について検討してみる。この時期には大略地上 50 cm 前後まで水温の影響がみられ，その高さより下方の気温は，その高さより上方の気温に比べてやや高温となつている。今これを 8 月21日の21時より

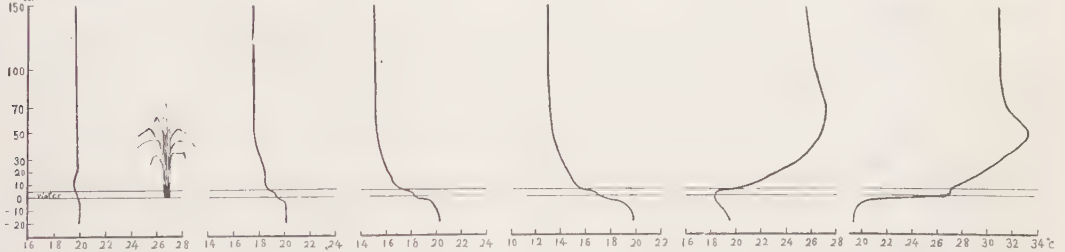
第 1 表　畦間各高度の気温の1.5m気温よりの偏差（°C）

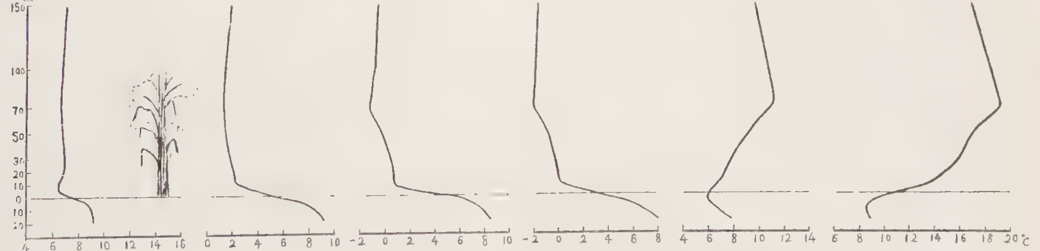
Table 1　The deviation of air temperature at each height from 1.5 meter air temperature in the paddy field.

月　日	Ⅶ. 21～22 (11.1°C)			Ⅷ. 21～22 (12.9°C)			Ⅹ. 9～10 (−1.8°C)		
時　間	21	1	5	21	1	5	21	1	5
100cm	—	—	—	—	—	—	− 0.4	− 0.3	− 0.2
70	—	—	—	—	—	—	− 0.6	0.7	− 0.3
50	—	—	—	+ 0.2	+ 0.3	+ 0.4	− 0.4	+ 0.2	+ 0.8
30	—	—	—	+ 0.5	+ 0.9	+ 1.2	0	+ 0.3	+ 1.3
20	+ 0.7	+ 0.9	+ 0.2	+ 0.9	+ 1.4	+ 1.7	+ 0.4	+ 1.2	+ 1.7
10	+ 1.9	+ 2.1	+ 0.6	+ 0.9	+ 1.6	+ 2.1	+ 0.3	+ 1.2	+ 1.8
0	+ 6.5	+ 6.4	+ 4.0	+ 1.7	+ 3.2	+ 3.8	+ 4.4	+ 5.5	+ 5.8

註　（　）内の数字は最低気温を示す。0cmは7.21～22及び8.21～22の場合は水温を，10.9～10の場合は地表温を示す。







第 2 図　低温時に於ける水田畦間温度の垂直分布

Fig. 2　Vertical distribution of temperature at the paddy field when abnormal low temperature prevailed.

翌22日の朝5時までについてみると第1表に示すようで，50cm附近で0.2～0.4°C，30cmで0.5～1.2°C，20cmで0.9～1.7°C，10cmで0.9～2.1°C，1.5m気温よりそれぞれ高温となつている。当時稲の草丈は約70cmで，50cm附近の高さは稲の葉の最も茂つている所即ち草冠部附近に当つており，草丈70cm前後の穂孕期頃になると，大略稲の草冠部附近まで水温が畦間気温に影響を与えていることがわかる。又この時期は，稲の生育過程からみると，幼穂の伸長期乃至穂孕期に当つており，稲の花器特に胚嚢や花粉等の生殖器管の減数分裂期に当り，稲の一生を通じて最も低温に弱く，障害をうけ易い時期に相当している。今これを酒井[6]による危険期の花の地表よりの高さに対し含まれる割合をみると，地表上20cm以下の高さに98～99%含まれており，従つてこの高さは，前記水温の畦間気温への影響圏内にあることになり，この時期の低温に対しても，水温がかなり発育中の幼穂を低温障害から保護することに役立つていることがわかる。特に昭和29年のような凶冷年には，13～15°Cの危険限界温度附近を彷徨することが屢々で，僅か1～2°Cの温度の高低如何も，不稔現象の多少に大きな影響を及ぼすから，このような意味で，低温の緩和に働く水温の持つ微気象的意義は，けだし大いなるものがあると云つても過言ではないと考える。更に又積極的には水田水温の上昇策を講ずることが，冷害軽減のための最良の手段の一つであると云えよう。又幼穂形成期乃至穂孕期の低温障害を考える場合，観測露場で観測された最低気温或は水田1.5m気温が幼穂の位置附近の最低気温或は気温と全く同一であると単純に考えてはいけないことがわかる（もちろん両者の温度間には密接な関係があるが）。即ちこのような場合には，水温や水田温度の垂直分布の関連の下に考えなければならない。なお前記した水温の水田畦間気温に及ぼす高度については久世・高橋・芦田（1950）[4]，近藤・佐藤（1945）[5]，坪井・本田（1953）[7]及び八鍬（1950）[10]等の報文からも推定される高度と大略一致しているように考える。

c）登熟期間中に於ける結霜時の場合（10月9～10日で当時草丈は約1m）：冷害年には稲の生育は遅延し，屢々初霜害が問題となるが，昭和29年の場合もその例にもれず，この10月9～10日の強霜によつて，当時登熟中の稲は著しい障害をうけ，登熟機能を全く停止するに至つたが，その際の夜間から早朝にかけての水田温度の垂直分布をみると，第1表に示すように70cm附近（当時草丈は1m前後）即ち草冠部附近が最も温度降下しており，この附近の輻射冷却が著しいことを示している。しかしてこの位置より下方に進むと次第にその度合は弱まり，特に20cm以下では著しく弱まる。従つて温度は下方ほど高くなり，地表附近地温では，70cm附近気温より5°C前後も高温となつている。今，10月9日の21時より翌10日の早朝5時までについて，各高度の温度を1.5m気温よりの偏差についてみると，1mでは0.2～0.4°C，70cmでは0.3～0.7°C 1.5m気温より低いが，50cm以下では逆に高温となり，30cmでは0～1.3°C，20cmでは0.4～1.7°C，10cmでは0.3～1.8°C，地表温（－1cm）では4.4～5.8°C高温である。このように地温が著しく高温であるのは，当時水田地表附近の土壌水分は含水率32%で，湿潤で熱容量が大きかつたことと，稲の茎葉の繁茂が地表面からの輻射をかなり遮ぎつていた為と考える。又，この場合の垂直分布型は梅谷（1951）の大和田に於ける初霜時の垂直分布観測結果によるB型に属すると考えられるが，大和田の場合は気温の最も降下するのは地上10cm附近であるが，この場合は70cm附近にみられる点が相違する。然しこれは前者に於ては観測露場で観測されたものであるのに対し，本観測は草丈約1mの稲田で観測されたもので，熱受授面の相違する結果と考える。又以上のような稲の生育過程を異にした3例の水田温度の垂直分布観測の結果から，稲の生育の変化に従つて温度の垂直分布の度合が変化してゆくことがわかる。このことについては，大後（1948）[1]や坪井・中川（1954）[8]等によつても既に指摘されている。

4. 摘　　要

昭和29年の凶冷型天候下で，稲の生育との関連

に於て，まず最低気温と最低水温との関係を調査し，次に水温の水田畦間気温に及ぼす高度について検討し，低温の緩和や冷害現象の軽減に働く水の持つ保温性について調査した。又併せて結霜時の水田温度の垂直分布についても考察した。

1. 稲の幼穂形成期頃より開花期頃までについて毎日の最低気温と最低水温との関係をみると，最低水温は最低気温より一般にやや高温であるが，特に異常低温日には著しく高温で，その温度差は3～5°Cに及ぶ。

2. この異常低温日の夜間に，水温が気温より著しく高温であることの畦間気温への影響は，草丈約40cmの幼穂始原体形成の頃では地表上20cm前後まで，草丈約70cmの穂孕期では地表上50cm前後までみられ，その高さより下方の気温はそれより上方の気温に比べてやや高温となり，下方ほど即ち水面に近づくほどその度合は大きい。

3. 幼穂形成期には稲の幼穂は未だ水中に存在するし，又最も低温に弱い時期である穂孕期の穎花は，殆ど地表上20cm以下の高さに含まれている。従つて(1)及び(2)で述べたことにより，水温がこれらの時期の危険低温からかなり幼穂を保護していることがわかる。

4. 幼穂形成期より穂孕期にかけての低温障害を考える場合には，観測露場で観測された最低気温を以て，水田に於ける幼穂の位置附近の最低気温と全く同一と単純に考えてはいけないことがわかる。このような場合には水温や水田温度の垂直分布の関連の下に考えなければならない。

5. 結霜時に於ける水田温度の垂直分布をみると，葉の最も繁茂している地表上70cm附近の冷却が最も著しく，その高さより下方に進むに従つて次第にその度合は減少し，特に地表上20cm以下では著しい。従つて地表附近地温では70cm附近気温に比べると著しく高温である。

6. 稲の生育状態を異にした3例の水田温度の垂直分布観測の結果から，稲の生育に従つて，温度の垂直分布の度合も変化してゆくことがわかる。

終りに臨み，種々御教示をいただいた当場農業物理部長横山偉和夫技官，作物部長吉野至應技官並びに作物第1研究室長星野達三技官に深甚の謝意を表すると共に，実験施行上いろいろと便宜を与えられた農機具第1研究室我妻幸雄技官に厚く御礼申し上げる

参考文献

1. 大後美保（1948）：農地微気象の研究，36～57.
2. 浜　浪夫（1946）．冷害年の深水灌漑，北農，13巻6号，157～160.
3. 羽生寿郎・津川清治（1954）：掛流灌漑による水稲霜害防止の効果，日.農.気.，10巻，3・4号，125～127.
4. 久世源太郎・高橋健治・芦田譲治（1950）：特殊な灌漑水をうける稲田の微気候，日.農.気.，5巻，2号，33～38.
5. 日本農業気象学会（1954）：農業気象新典，286.
6. 洒井寛一（1945）：稲の冷害と深水灌漑，農及園.，24巻，6号，405～408.
7. 坪井八十二・本田勲夫（1953）：冷水掛流水田に於ける温度分布の特性，日.農.気.，8巻，1・2号，7～11.
8. 坪井八十二・中川行夫（1954）：水稲生育に伴う水田微気象，日.農.気.，9巻，2号，59～62.
9. 梅谷博貞（1951）：初霜期に於ける地面附近の温度の垂直分布について，産.気.，15巻，1号，60～66.
10. 八鍬利助（1950）：灌漑水温上昇施設内の微気象，農及園.，25巻，10号，889～890.

Résumé

Studies were made on the microclimatic significance of water temperature in the paddy field in a year of cool summer, and the vertical distribution of temperature in relation to the frost in ripening peried of paddy rice. The results are summarized as follows:

1. In the paddy field the minimum air temperature is usually higher than the minimum water temperature as is shown in Fig. 1, and especially in the night of a cool day the difference of temperature between the two ranges from 3°C to 5°C.

2. It is influential upon the furrow air temperature below approximately 20 cm above the surface of the soil at the head-primordia forming stage and below approximately 50 cm above the surface of the soil at ear-pregnant stage, that the water temperature is much higher than the air temperature in the night of a cool day.

3. So it is recongnized that the water temperature has an effect to raise the abnormal low temperature around the young heads which are sensitive to low temperature.

4. In order to investigate summer-cool damage to paddy rice from young head forming stage to ear-pregnant stage, a study was made of the vertical distribution of furrow temperature in the paddy field.

5. The vertical distribution of temperature at the time of frost in ripening period of paddy rice is shown in Fig. 2; approximately 70cm above the surface of the field is the lowest in the temperature.

6. The vertical distribution of temperature in the paddy field was found to change according to the growth of paddy rice as was indicated by DAIGO in 1947, or also by TUBOI and NAKAGAWA in 1954.

"ムレ苗"發生に関する研究
第 2 報
床土の Eh ならびに Eh 低下により生成する亞硝酸の影響

西 潟 高 一* 今 野 正 二**

STUDIES ON THE OUTBREAK OF PHYSICAL DAMPING OF RICE PLANT, SO-CALLED "MURENAE", IN FRAME NURSERY
PART 2. INFLUENCES OF Eh VALUE AND NITROUS ACID PRODUCED BY LOWERING OF Eh IN THE SEED BED

By Takaichi NISHIKATA and Syoji KONNO

緒 言

筆者らは前報において[17]"ムレ苗"の発生は床土の反応と密接なる関連があり，pH 5.2 附近にその限界を認められるが，"ムレ苗"は床土の反応のみによつて左右されるものと速断は出来ないものであることを述べた。すなわち"ムレ苗"は苗床の全体に発生せず，しばしば部分的に発生することが認められ，また"ムレ苗"発生に対するpHの関係には相当に幅があり，pHの価が同様であつてもあるものには発生が見られ，他のものには発生しない場合もある。したがつて"ムレ苗"の発生には床土の反応のほか稚苗根の生理機能を阻害する他の条件の影響が考えられるものであるが，さきに大谷[13]は苗の生育の好適条件について考察を加え，苗床中の水蒸気圧が16 mm 以上の場合に"ムレ苗"の発生が見られることを報告し，又田中[14]は"ムレ苗"発生防止に H_2O_2 の撒布を提唱している。これらのことから苗床の酸化還元電位の影響が極めて大きいものであることが推定される。すなわち冷床苗代においてはおおむね湿度の高い状態で経過する場合が多く，かかる際には酸化還元電位の低下と，これによる苗の生育阻害が予想されるものであり，また H_2O_2 の添加は反対に酸化還元電位の上昇をきたすものと考えられる。かかる観点から"ムレ苗"発生の原因を追求する一手段として，土壌の酸化還元電位を変化せしめ，"ムレ苗"発生に及ぼす影響を明らかにせんとして，昭和27年琴似の圃場において実験を行つたものであるが，土壌条件と"ムレ苗"の発生との間には密接な関連性があり，更に根の発育を阻害する亜硝酸の存在をも見出し，これが"ムレ苗"発生と密接な関連が認められたので，これらについて報告したい。

* 農芸化学部
** 元農芸化学部土壌肥料第3研究室

第1実験 灌水量の影響

實験方法

(1) 区別並びに処理 1区面積4平方尺，深さ5寸とし，冷床苗代様式を用い，供験土壌は琴似畑地土壌3，早来火山灰土壌1の割合に混和し，それぞれ34 kg 宛を充填した。試験区別は第1表に示すごとくである。

(2) 栽培管理 供試品種：中生栄光

種子は比重1.08の塩水選後更にウスプルン消毒を行い，坪当6合播とし5月7日播種を行い覆土は0.5cmとした。別に根部調査を容易ならしめる

第1表　試験区別と処理

Table 1　Experimental plots and treatment.

区名	灌水量	備考
乾燥区	0.5升	灌水は隔日に行つた。通常の苗代はほぼ乾燥区と湿潤区の中間位に相当している
湿潤区	2升	
過湿区	4升	

第2表　発芽状況

Table 2　Investigation of germination.

区別	播種期	発芽 始	発芽 期	発芽 揃	整否	発芽歩合
	月 日	月 日	月 日	月 日		%
乾燥区	5.7	5.12	5.15	5.17	整	72
湿潤区	5.7	5.13	5.16	5.18	整	70
過湿区	5.7	5.13	5.16	5.18	整	76

第3表　pH及びEhの推移

Table 3　Transition of pH and Eh values.

区別	14/V pH	14/V Eh	14/V Eh6	19/V pH	19/V Eh	19/V Eh6	24/V pH	24/V Eh	24/V Eh6	29/V pH	29/V Eh	29/V Eh6	3/VI pH	3/VI Eh	3/VI Eh6
乾燥区	5.40	322	286	4.91	300	235	5.08	377	322	4.96	343	280	4.56	390	304
湿潤区	5.62	313	289	5.01	302	243	5.15	365	314	5.24	332	285	5.00	385	335
過湿区	6.06	335	339	5.16	284	234	5.21	360	313	5.49	326	294	5.09	370	315

ため内径6 cmの木框を挿入し同一土壤を充塡し，20粒宛を播種した。

共通肥料：坪当窒素，燐酸，加里をそれぞれ60 gあてとし，硫酸アンモニア，過燐酸石灰，硫酸加里を使用した。

(3) 土壌のpH及びEhの測定　地表から3 cmの部分の土壌を採取し，pHはキンヒドロン法により，EhはBROWN法により白金電極を用い，飽和甘汞電極を標準として測定した。Ehの測定に当り電極挿入後の値は時間の経過と共に次第に低下するが，容易に平衡状態に達しなかつたので，便宜上振れの極小の部分を捉えてこれを読んだが，これに要する時間は大約5分であつた。

(4) 試料の採集並びに秤量　予め定めた調査日に木框を取り出し，加圧水道水で根の破損を防ぎながら根部の土粒を洗い流し，濾紙で水分を充分に吸い取り速かに秤量して生体重とし，更に恒温器中に7日間乾燥の上再び秤量しこれを風乾重とした。

實驗結果

各区の発芽状況並びに発芽歩合は第2表に示すごとく，ほとんど差が認められない。土壤湿度の大なる場合には僅かおくれることが認められるが，水分の供給による影響か否かについては明らかでない。

苗の生育に伴う各期のpH，Ehの推移を見ると第3表のごとくで，pHは水分供給量の多い場合にはおおむね高くなる傾向があり，かつ時日の経過に伴い漸次低下の傾向を示しているが，5月中旬以降においては水分供給量の多い場合でも，“ムレ苗”発生限界と見られる5.0～5.2程度を示している。またEhは初期にいつたん降下するが，後漸次上昇する。又水の供給量の多いほどEhは低い価を示しており，供給水量の増加により土壤中の酸素を不足ならしめその結果還元状態となつていることが推定出来る。しかして生育期間中のpH及びEhの推移は第2実験における酸，アルカリ無加用区たるC，D−C′，D′区のそれにほぼ類似している。

各生育期における生育状況の調査結果は，第4表及び第5表に示すごとくである。

地上部，地下部とも明かに乾燥区が優り，水分の供給量の多いほど発育が阻害されている。特に発根量においてその差が著しく，過剰区に対し乾燥区は約3倍を示している。これに対応して地上部，地下部の乾物量も前同様の傾向を示しているもので，乾燥区は過剰区に比して3～4倍の生育量を示していることになる。

かくのごとく水分の供給量の多くなるに伴い，その生育が劣つて来ることは，水分供給によるEhの低下は直ちに根の呼吸作用の障害を来し，

第4表　生育各期の地上部の調査

Table 4 Investigation of growth in every growth stage.

区別	草丈 (cm)					茎数 (本)		葉数 (枚)				
	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI	16/V	9/VI	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI
乾燥区	3.8	7.0	12.1	12.7	14.4	1.0	2.1	1.3	2.0	2.3	3.0	4.5
湿潤区	3.5	7.1	10.4	10.0	11.8	1.0	1.0	1.3	2.0	2.1	2.5	3.8
過湿区	3.0	5.1	8.0	9.5	10.1	1.0	1.0	1.2	2.0	2.0	2.3	2.9

第5表　生育各期の地下部の調査

Table 5 Investigation of roots in every growth stage.

区別	根長 (cm)					根数 (本)					発根量				
	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI
乾燥区	7.1	9.8	13.4	15.0	14.9	2.5	5.0	7.1	7.1	14.0	17.8	49.0	71.0	106.5	208.6
湿潤区	7.0	9.7	11.6	14.7	13.2	2.4	5.1	5.3	5.9	8.6	16.8	49.5	65.7	86.7	113.5
過湿区	6.3	9.3	10.0	13.5	11.7	1.9	4.1	4.9	5.3	6.2	12.0	38.1	61.5	71.6	72.5

第6表　地上部，地下部の乾物量

Table 6 Air dry weight of the parts of leaves and roots in young plant.

区別	地上部 (20個体当 g)					地下部 (20個体当 g)				
	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI
乾燥区	0.05	0.20	0.33	0.52	1.10	0.04	0.10	0.17	0.20	0.40
湿潤区	0.05	0.20	0.29	0.30	0.80	0.55	0.06	0.12	0.12	0.20
過湿区	0.04	0.14	0.22	0.29	0.30	0.03	0.05	0.10	0.12	0.10

またここに生成される還元物質の根細胞への侵入も考えられるもので，これらの作用により根の発育は著しく害され，更に地上部まで大なる影響を与えているものであることが推定される。しかしてこの期間中の生育様相を観察すると，乾燥区は地上部の発育が良好であるのに加え，葉色は鮮緑色を呈し健全なる生育をなしつつあるが，湿潤区，過湿区は第2実験における $Ca(OH)_2$ 50 g 及び 190 g 施用区とほぼ類似の葉色を呈し，苗の活力の劣っていることを示しており，両区とも日中には若干萎凋しているが，夜間にはほぼ恢復している状態をつづけた。

かかる状態を呈しているものについて"ムレ苗"[17] の発生状況を調査したが，前報に於てはその症状の差異により仮にこれを2型に分類した。これを更に観察すれば第Ⅰ型に属するものは生育の進むに伴い根部先端から半透明となり，やがて次第に腐朽し来り，一方葉部は先端から萎凋し，そのまま苗床に放置すれば当然枯死すべきものと見られるもので，又第Ⅱ型に属するものは一般に生育不振を来たすが根部の腐朽は見られず，日中蒸散量の多い時には吸水と蒸散の不均衡による一時的萎凋を示すものと見られるものである。この型のものを更に永く放置した場合に第Ⅰ型に移行するか否かについては遂に判定することは出来なかった。"ムレ苗"発生状況の調査結果は第7表に示すごとくである。

第7表　ムレ苗発生程度

Table 7 Situation of "Murenae" outbreak.

区別	Ⅰ型	Ⅱ型
	%	%
乾燥区	0	0
湿潤区	0	100
過湿区	0	100

すなわち生育の良好なる乾燥区にはⅠ型もⅡ型も全然発生は見られなく，極めて良好であった。

他の2区においてはⅠ型の発生は見られなかったが，Ⅱ型の発生は極めて著しくほとんど全部が罹病していた。

第2実験 Eh低下の影響

実験方法

(1) **区別並びに処理**　苗代様式，供試土壌は第1実験と全く同一とし，次の如き区を設けた。

この場合 H_2O_2は3.5％に稀釈し，H_2SO_4は表示の濃硫酸量を13％に稀釈して使用した。処理に際しては鉄板上にそれぞれの薬品を土壌に混和したものである。各2系列とし一方は Hydroquinon 及び H_2O_2 の加用区（A，B……F，G)，他は無加用区（A′ B′……F′ G′）とした。

(2) **栽培管理並びに調査内容**　供試品種及び処理，肥料施用量，試料採集，土壌の pH 及び Eh の測定，"ムレ苗" 発生状況の調査はすべて第1実験と同様である。

実験結果

(1) **床土の pH 及び Eh 測定結果**　生育各期における床土の pH 及び Eh 測定結果は第 9 表に示すごとくである。Ca $(OH)_2$，H_2SO_4 の加用量に対応して pH が明かに変つていることは前報と同様である。又 Hydroquinon 加用により Eh は明ら

第8表　各　区　の　処　理

Table 8　Treatment for every plot.

区別	Ca $(OH)_2$	H_2SO_4	Hydroquinon	H_2O_2	区別	Ca $(OH)_2$	H_2SO_4	Hydroquinon	H_2O_2
	g	g	g	cc		g	g	g	cc
A	190	—	10	—	A′	190	—	—	—
B	50	—	10	—	B′	50	—	—	—
C	—	—	10	—	C′	—	—	—	—
D	—	—	—	61	D′	—	—	—	—
E	—	26	—	61	E′	—	26	—	—
F	—	100	—	61	F′	—	100	—	—
G	—	260	—	61	G′	—	260	—	—

第9表　床土 pH 及び Eh の推移

Table 9　Transition of pH and Eh values in the seed bed.

区別＼測期	14/Ⅴ			19/Ⅴ			24/Ⅴ			29/Ⅴ			3/Ⅵ		
	pH	Eh	Eh6	pH	Eh	Eh6	pH	Eh	Eh6	pH	Eh	Eh6	pH	Eh	Eh6
A	7.04	175	237	6.99	166	225	7.49	207	296	7.55	224	317	7.30	266	344
B	6.12	195	202	6.72	239	282	6.71	273	230	7.00	234	294	6.61	230	307
C	5.50	269	249	5.85	305	278	5.69	332	313	5.59	295	271	4.98	364	303
D	5.47	318	286	5.27	328	284	5.11	369	316	5.22	320	273	4.67	370	290
E	5.35	370	331	4.97	355	293	4.96	367	305	5.04	337	279	4.53	384	296
F	4.79	392	319	4.58	388	303	4.44	413	319	4.31	363	262	4.04	430	312
G	4.40	461	365	4.38	444	347	3.68	470	331	3.66	427	287	3.61	444	301
A′	7.27	187	263	7.19	177	248	7.40	222	306	7.28	193	270	7.59	205	300
B′	6.10	223	229	5.77	253	278	5.62	324	201	5.85	297	285	6.57	267	301
C′	5.50	285	256	5.12	312	259	5.13	357	301	5.17	325	275	5.02	330	285
D′	5.54	311	283	5.25	303	258	5.24	350	304	5.15	320	269	4.79	347	273
E′	5.13	351	299	5.09	329	274	4.84	362	292	5.05	329	273	4.62	365	282
F′	4.89	380	313	4.27	374	270	4.40	400	305	4.27	375	271	4.04	398	280
G′	3.94	458	334	3.53	431	280	3.66	461	321	3.54	340	284	3.30	434	272

かに低下し，H_2O_2 加用によつて上昇を示しているが，これらの加用は直接 pH の変化に影響は与えていないもののようである。

苗の生育に伴う pH 及び Eh の推移は必ずしも一致した傾向を示してはいないが，pH は大体A区石灰 190 g 加用区は逐次上昇の傾向を辿り，B区石灰 50 g 加用区が僅かに上昇を示している。C及びD区は幾分低下を示しており，又硫酸加用区はいずれも生育過程の経過と共に低下の傾向を明かに示しているが，加用量最大のG区の低下は極めて緩かである。Ehの価はpHの上昇，下降とは必ずしも一致していないが，いずれの場合においても pH の高いものは Eh が低くなつており，pH の低いものは高い価を示している。

(2) **苗の生育状況** 発芽状況：一発芽の状態は第10表に示すごとく石灰及び硫酸加用量の最大であつたA，A′区ならびにG，G′区は幾分遅延した。床土処理が極端になつた場合の影響があらわれたものと思われる。

発芽歩合については一定の傾向は認められなかつた。

地上部生育の推移：— 各生育期における地上部の生育状況は第11表に示すごとくである。

各区について外観上の生育良否を見ると，5月14日前後においては無処理各区の生長が最も旺盛で，これを界にして pH の高低の程度が大となるにしたがい生育は不振であつたが，特に硫酸 260 g 加用のG，G′区においてこの傾向は著しかつた。しかしこの時期においては Hydroquinon 加用あるいは H_2O_2 加用の影響は全く認められなかつた。5月16日頃に至れば Hydroquinon 加用区は不加用区に比して葉色は濃厚となり，また H_2O_2 加用区も対照区に比してやや濃厚であつた。全般的に見て石灰 190 g 加用A，A′区及び硫酸 260 g 加用G，G′区の葉色は最も濃厚で正常の

第 10 表 発芽状況の調査

Table 10 Investigation of germination.

区別	始 (月日)	期 (月日)	揃 (月日)	歩合	区別	始 (月日)	期 (月日)	揃 (月日)	歩合
A	5.13	5.15	5.18	69	A′	5.13	5.15	5.18	79
B	5.12	5.14	5.17	67	B′	5.12	5.14	5.17	78
C	5.12	5.14	5.17	78	C′	5.12	5.14	5.17	73
D	5.12	5.14	5.17	92	D′	5.12	5.14	5.17	85
E	5.12	5.14	5.17	81	E′	5.12	5.14	5.17	78
F	5.12	5.14	5.17	87	F′	5.12	5.14	5.17	90
G	5.13	5.15	5.18	72	G′	5.13	5.15	5.18	93

第 11 表 生育各期の推移

Table 11 Change of growth in every stage.

区別	草丈 (cm)					葉数 (枚)					茎数 (本)				
	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI
A	3.1	6.3	9.8	10.8	12.5	1.1	2.0	3.0	3.0	4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
B	3.8	8.8	11.9	12.9	15.4	1.1	2.0	3.0	3.2	4.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.9
C	4.3	9.4	11.8	14.7	15.6	1.6	2.3	3.0	4.0	4.6	1.0	1.0	1.0	2.1	2.0
D	4.1	9.6	11.7	13.9	16.1	1.3	2.1	3.0	3.3	4.1	1.0	1.0	1.0	1.2	2.0
E	4.3	10.0	11.9	13.6	15.5	1.6	2.2	3.0	3.4	4.9	1.0	1.0	1.0	1.3	2.1
F	4.0	8.5	12.8	13.5	15.6	1.1	2.3	3.0	3.9	5.0	1.0	1.0	1.0	1.5	2.0
G	3.3	6.1	9.1	10.4	11.2	1.5	2.0	3.0	3.0	4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2
A′	3.0	6.9	9.5	9.7	11.7	1.2	2.0	2.6	3.0	4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
B′	3.0	9.1	10.0	11.2	13.0	1.2	2.5	3.0	3.1	4.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.9
C′	4.0	10.1	9.7	11.8	13.2	1.6	2.0	3.0	3.7	4.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.9
D′	4.4	8.7	11.7	13.9	15.2	1.9	2.3	3.0	3.6	4.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.9
E′	4.5	9.6	10.2	12.6	14.8	1.5	2.3	3.0	3.6	4.7	1.0	1.0	1.0	1.2	2.0
F′	3.6	8.6	10.8	13.9	15.7	1.5	2.2	3.0	3.7	4.7	1.0	1.0	1.0	1.2	2.1
G′	3.4	7.2	11.7	10.7	13.7	1.2	2.0	2.7	3.0	4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.7

発育状況とは認められなかつた。一方 pH 価が微酸性を示している範囲のものは鮮緑色を呈し，生育は良好であつた。草丈はC，C′～E，E′区のものが最高を示している。これらから見てこの時期においてはこれらの区が示す pH 5.00～5.50 附近が稲苗生育に最適の pH であることを示しているものと言えよう。その後に至り生育状況から判断して生育の最適 pH は漸次降下の傾向を示すもののように見受けられる。第 12 表は根の調査を重点的に取り上げた木框内の苗についての調査結果であるため，試験区内の代表的のものとはやや趣を異にしているおそれもあるが，生育状況の観察から判定すれば，稲の苗床期間をおおよそ 3 期に分ち，それぞれの生長過程にしたがつて最適 pHは幾分異つていることが推定される。この点については更に詳細なる検討を要するが，おおむね初期には 5.00 ～ 5.50，中期は 5.00 ～ 4.50，生育の後期に至れば 4.50 ～ 4.00 附近と見て差支えないようである。

地下部，生育の推移：— 生育各期における地下部の生育状況を調査した結果は第 12 表に示すごとくである。

地下部の発育と地上部の発育とは必ずしも完全に一致はしていないが，おおむね地上部の生育が旺盛な区は地下部もそれに応じて発育が良好である。全般的に見てC，C′～F，F′区の範囲すなわち微酸性を呈する区の根数，根長，発根量のいずれもが優れている。前報においては強酸性区の生育も極めて良好であつたが，本年の試験においてはG，G′両区においては，根長は極端に短く，根茎は太くなりかつ彎曲が著しく，生育は不振であつた。この原因として観察されたことは，種子根の地表から約 2 cm 内外の部分が腐朽していたもので，これは強酸によつて種子根が侵された結果であると見られる。しかし根数は他区に比して少なくはなく，新しく発生した冠根の伸張は幾分阻害されているが酸による腐朽は認められないことから，強酸性においても苗の発育は阻げられないことが知られ，結局床土処理の際の不適正に基くもののように考えられる。

一方 H_2O_2 加用による根部の発育促進は明らかでなく，又 Hydroquinon 加用によつての発育阻止は調査数字の面からは判定出来ないが，根部の観察によると Hydroquinon 加用区の根の先端から漸次基部に向つて腐朽して来ることが認めら

第 12 表　生育各期における地下部調査

Table 12　Investigation of roots in every growth stage.

区別	根長 (cm)					根数 (本)					発根量 (根長×根数)				
	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI	16/V	21/V	26/V	30/V	9/VI
A	5.6	10.3	13.2	8.6	16.3	1.1	5.1	6.3	6.7	13.4	6.2	52.5	83.2	57.6	218.4
B	6.2	11.9	16.2	15.9	17.1	2.1	4.8	7.2	7.2	10.2	13.0	57.1	116.6	114.5	174.4
C	7.1	9.5	16.3	18.8	17.5	2.5	4.1	7.7	9.9	17.5	17.8	39.0	125.5	185.1	306.3
D	7.5	9.9	17.0	16.9	21.6	2.7	5.3	7.4	10.8	15.5	20.3	50.5	125.8	182.5	334.3
E	7.9	13.0	17.4	17.6	20.0	2.7	5.8	8.0	8.9	16.2	21.3	75.4	139.2	156.6	324.0
F	6.7	13.0	17.9	12.9	20.8	2.1	4.4	6.8	10.0	17.6	14.1	57.2	121.7	129.0	366.1
G	2.0	2.2	4.3	5.5	7.2	3.5	6.6	7.4	8.2	14.5	7.0	14.5	31.8	45.1	104.4
A′	5.1	8.8	10.3	16.3	10.8	2.3	5.5	6.0	8.2	14.1	11.7	48.4	61.8	133.7	152.3
B′	6.4	13.4	17.3	16.2	23.0	1.9	5.9	7.4	9.3	14.8	12.2	79.1	128.0	149.0	340.4
C′	7.6	14.3	15.9	19.0	22.5	2.6	4.8	7.1	9.3	13.7	19.8	68.6	112.9	176.7	308.4
D′	8.7	14.9	17.6	17.3	17.7	2.9	5.4	7.5	9.1	15.7	25.2	80.5	132.0	157.4	277.9
E′	7.9	13.9	16.6	14.3	26.0	2.0	5.0	7.0	9.1	16.2	15.8	69.5	116.2	130.1	421.2
F′	7.3	13.4	15.3	16.5	16.7	1.8	5.6	6.2	8.7	14.3	13.1	75.0	94.9	143.6	237.1
G′	1.9	2.6	6.6	6.0	9.4	3.3	5.9	7.9	7.5	13.3	6.3	15.3	52.1	45.0	125.0

れ，阻害初期においては根は半透明になり機能が失われるもののように見受けられ，かかる状態の根を圧すれば容易に潰れ水を吐出すものである。しかしかかる状態を呈するものが果して Hydroquinon 加用による直接の影響であるかあるいは後述する "ムレ苗" によるものなるかは判定し難い点である。

(3) "ムレ苗" 発生状況　前述のごとき生育経過を示している苗床に，5月25日に至りA区に "ムレ苗" の初発が見出され，順次B，C，A′，B′，D，C′，D′と蔓延して来たが，E，E′～G，G′区には移植期に至るも遂に "ムレ苗" の発生は見られなかつた。移植期における調査結果は第13表に示すごとくである。しかして "ムレ苗" の発生と土壌の pH 及び Eh との間に密接なる関係のあることが見られ，しかも根部の腐朽損傷が見られる点から，あるいは根の機能を阻害する有害物質が生成されこれによる影響ではないかと考え，この場合 Eh の変化に伴つて土壌中に生成される物質として亜硝酸の存在を疑い，これを検出

第13表　"ムレ苗" 発生と床土の亜硝酸含量

Table 13　Situation of "Murenae" outbreak and nitrous acid content in the seed bed.

区別	ムレ苗発生状況 I型 (%)	ムレ苗発生状況 II型 (%)	亜硝酸含量 (ppm)	区別	ムレ苗発生状況 I型 (%)	ムレ苗発生状況 II型 (%)	亜硝酸含量 (ppm)
A	100.0	0.0	70.76	A′	0	100.0	3.11
B	95.1	4.9	15.03	B′	0	100.0	3.45
C	87.5	12.5	2.94	C′	0	20.0	2.19
D	12.3	30.0	1.62	D′	0	40.0	2.67
E	0	0	1.44	E′	0	0	1.97
F	0	0	0.89	F′	0	0	1.58
G	0	0	—	G′	0	0	—

測定した結果 "ムレ苗" の発生並びにその程度とに密接なる関連性のあることを見出した。

本調査は移植時に行つたもので，"ムレ苗" 発生割合は区当本数に対する罹病苗数より計算したものである。この結果に見られるごとく，生育初期から発生期に至る間 pH 5 以上を示しているものは例外なく "ムレ苗" を発生し，しかも pH の高いものほどその発生が著しい。また "ムレ苗" 発生と土壌中の亜硝酸含量との間にはほぼ平行的な関係が見られる。しかし第1系列と第2系列の関係を見る時は必ずしも同様ではなくD区においては 1.62 ppm において第I型の発生が見られるに対し，D′区においては 2.67 ppm においてすら第I型の発生は認められない。したがつて pH—Eh の変化に伴う亜硝酸の生成，更に亜硝酸による根の機能阻害は Hydroquinon による直接の影響があるいは Eh の降下に基づくものかは不明であるが，いずれにしても Hydroquinon 加用の影響が極めて顕著であることが知られる。一方亜硝酸の害作用に関しては既に多くの研究があるが，これを更に確認せんがため亜硝酸濃度を変化せしめ発芽，発根試験を行つた結果，0.1%においては全然発芽発根が認められず，0.01%においてもわずかに発芽発根するも直ちに種子根は侵かされ黒変し根毛の発生を見ずに終つた。0.001%において漸く根毛の発育が認められたが，なお黒褐色に変色し発育は至つて不良であつた。更に 0.0001%においてはほぼ正常な発育をなしたがわずかに褐色に汚染せられており，亜硝酸の植物根損傷力の大なることを明かに認めたものである。前報において "ムレ苗" 発生の床土 pH の限界を一応 5.0～5.2 附近と規定したが，本実験においても

第14表　苗床期間中の気温，地温，湿度（10時観測）

Table 14　Air temperature, earth temperature and moisture in growth period of young plant.

気象要素	V.13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	VI.1	2	3	4	5
気温 最高 °C	39.0	46.5	46.5	—	45.0	44.5	37.0	35.9	36.0	—	31.0	26.0	29.0	34.6	36.5	33.0	—	27.1	29.2	18.0	34.0	19.8	27.0
気温 最低 °C	3.5	9.5	9.5	—	5.3	6.0	12.5	10.0	10.0	—	9.0	7.5	6.6	10.5	11.0	10.0	—	12.0	9.7	8.5	10.5	7.8	7.9
地温 °C	24.5	17.0	17.0	26.0	22.5	25.0	16.0	17.0	18.0	19.0	19.0	15.5	17.0	15.0	22.5	16.0	-	15.2	15.0	15.0	16.0	16.0	16.0
湿度 %	60.0	56.0	49.0	96.0	55.0	50.0	100.0	94.0	90.0	90.0	56.0	71.0	59.0	63.0	94.0	58.0	—	77.0	62.0	83.0	68.0	79.0	72.0

この限界 pH は矢張り同様に認められ，更に亜硝酸の生成蓄積が“ムレ苗”発生に重要なる役割を果しつつあることを明らかにしたのである。

なお参考のため苗床期間中の気温，地温，湿度を測定した結果を掲げると第14表のごとくである。地温ならびに湿度はいずれも10時観測である。

考　察

以上の成績から，苗の生育を良好ならしめ“ムレ苗”の発生を減少せしめるためには，苗床に対し水分を適当に補給し床土を酸化状態に保持せしめ，しかもその pH をほぼ 5.0 ～ 5.2 以内に保たしめることが望ましい条件であることが知られる。土壌反応と水稲生育との間には密接な関連のあることは既に多くの研究がなされているが，木村[10]は pH 7.0 以上になると鉄の吸収が困難となる結果生育障害を起すとし，青峰[7]は畑地状態においては硫酸処理区の珪酸，燐酸，粗灰分の含量が高く，pH の低いほど生育が良好であると報じている。土井[8]は土壌反応がアルカリ性になるほど呼吸作用を促進し，酸性になるほどこれを抑制し pH 4.0 以下では原形質流動を停止した根が急激に増加すると称しているが，本実験においても外観的観察からほぼこれらの成績と類似の傾向の認められることが知られる。なお本実験において H_2SO_4 260 g 加用区及び $Ca(OH)_2$ 加用区の生育不振については，前者については必ずしも酸性による呼吸作用抑制のみではなく土壌処理の不適正によるもののごとくであり，また後者に対しては呼吸作用の促進と養分吸収の不均衡に基づくものであると考えられる。また温度湿度などについて，農業技術研究所作物栄養研究室では，水稲根の養分吸収に及ぼす温度の影響は極めて大で，水温低下により呼吸活動が減じ，養分吸収が抑制されると報じ，田川・大谷[12][13]は健苗育成には温度 30 ～40°C，湿度 36 ～ 48 %を必要とすると述べているが，北海道は融雪早々育苗を開始するため，温度の上昇までに相当の日数を要し，またその後は低温，多湿の状態で経過するなどのため苗床中の酸素の欠乏を来し，これに伴い Eh の低下がおこり根の呼吸作用が阻害され，これによつて示される吸収機能の低下により苗の活力は減じ，その後の生理障害に対する抵抗性を少なくし，あるいは外囲条件の急激なる変化に耐え得ないような素質を有しているため，わずかの障害に対してもその影響が強くあらわれるもののごとく思惟される。これらの結果から土壌反応は苗の生育に極めて密接な関係のあることは明瞭であるが，土壌反応が“ムレ苗”発生の直接原因とは考えられないもので，“ムレ苗”は他の因子すなわち苗の生理機能を阻害するなんらかの障害因子に基づくものであると考えられる。すなわち罹病苗を本田に移植した場合，いずれも再び生長を初めたことから，“ムレ苗”発生の原因は苗の生育する土壌環境に主体があることが推定出来る。この場合 pH の上昇，Eh の降下した状態において予想し得る阻害因子として第一に考えられるものは，硝酸の還元あるいはアンモニアの不完全酸化による亜硝酸の存在である。Russell[5]は或る種の *Actynomyces* は酸素供給の制限された条件では酸素の代りに硝酸，硫酸などを利用し，またある種の土壌細菌では通気の良好な場合でもこの作用があつて，かかる場合には NO_3—N は退化され NO_2—N その他の還元物質を生成すると述べ，渡辺・国分[15]は直播栽培の際の水稲の湛水障害は NO_3—N の還元に基づく NO_2—N の有害作用によるもので，土壌中の NO_2—N の消長は Eh により著しく左右されるものであるとしている。又 Drournean その他は $CaCO_3$ を多量に施用して pH を高めることによつて NO_2—N が集積することを示し，Waksman[6]は遊離のアンモニアイオンの存在は硝酸菌の活動を抑制すると述べ，Martin[3]は硝酸菌と亜硝酸菌は pH に対する感受性に差があることを明らかにしている。かくのごとく亜硝酸の生成に関しては種々の方面から考究されている。亜硝酸の生成は土壌中におけるアンモニアの不完全酸化によるものが主たる原因であると推定される処であるが，亜硝酸の生成条件に関しては別途研究を進めることとし，本実験結果によつて亜硝酸と“ムレ苗”発生の間には密接なる関連性のあることが認められ，かつ亜硝酸の生成と Eh の高低とがほぼ平行しているこ

とが知られる。すなわち Hydroquinon 加用区は無加用区に比して pH はむしろ低くなつているにも拘らず Eh は明かに低下し，亜硝酸の生成量は絶対多量を示している。ただし6月3日以前においても Eh のこれより低下した場合も見られるが苗の萎凋は示さなかつた。これに対して明確なる判定を下すことは困難であるが，一応亜硝酸の蓄積が未だに少なく，このため根端から徐々に腐朽損傷されつつあつても，外見上はただ根部が半透明状となつて，根の機能が幾分低下した形を示しているのにすぎなかつたもので，その後蓄積量の増加とともに，その機能阻害は一層甚だしくなり遂に激発的にあらわれるに至つたものと見るべきものであると考えられる。

亜硝酸の有害作用に関しては既に多くの研究が行われているが，たとえば，MEVIUS[1] 等及び CURTIS[7] は pH が高まれば亜硝酸の害作用は軽減されることを示しており，BINGHAN[1] は亜硝酸の有害性を主としてその濃度と pH の関係から追求し，10 ppm の亜硝酸が根圏に集積した場合に障害がおこることを明かにし，又渡辺等[16] は水稲苗は 125～185 ppm にも堪え得るが，当量の H_2SO_4 の添加により解離が促進されると 20～25 ppm でも害のあらわれるものであることを示している。また土壌の還元と植物根の作用について熊田[11] は，地温の上昇による土壌有機物の急激なる分解は根圏の酸化領域の縮小，有害還元物質の根中への侵入，根細胞の代謝作用の抑制が互に因果となり急激に根腐れの形まで進行すると述べている。また板野[9] によれば硝酸還元菌の最適 pH は 7.0～8.2 で，5.2～5.8 に至れば活動が阻害され，また堆厩肥の脱窒作用に稀硫酸の撒布あるいは泥炭混用によつて防止出来るものとしている。亜硝酸の生成が硫酸加用区には極めて少なく，殊に過酸化水素加用列にはその生成はほとんど認められなかつたこと，更に "ムレ苗" 発生は亜硝酸の含量とほぼ平行的の関係が見られていること，または前年の試験により罹病苗に稀硫酸を撒布して回復せしめ得たこと，あるいはまた農家が経験的判断によつて泥炭を使用して罹病率を低下せしめているなどのことは，前記各氏の報告に示されたような事実が "ムレ苗" 発生に重要な関係のあることが窺われる。

以上の結果を綜合すると，"ムレ苗" の発生は根の生理機能を阻害するがごとき土壌条件下に育成された苗は，養分，水分などの吸収機能が低下することによつて植物体の衰弱がおこり，次にかかる条件下に発生する有害物質，特に亜硝酸により根部が侵されその機能が更に低下し，これらが互に循環し合つて "ムレ苗" の現象を発現するに至るものであると考えられる。

かくのごとく "ムレ苗" の発生に対し亜硝酸の生成，集積が重要なる役割をなしていることが推定されたのであるが，土壌中における亜硝酸の生成あるいは消長に対しては微生物活動によるものが主体をなすことは明らかであるから，"ムレ苗" 発生に対する土壌処理の影響については一応本報告を以て打ち切り，今後は微生物研究室において，亜硝酸の生成条件に関して検討をなし，更にこれらから "ムレ苗" 発生の関連性について研究を進めることとした。

摘　　要

本報においては苗床への水の供給量を異にした場合と，H_2SO_4 及び $Ca(OH)_2$ 加用により土壌の pH を変化せしめるとともに，H_2O_2 及び Hydroquinon 加用により Eh を変化せしめた場合の "ムレ苗" 発生に及ぼす影響を検討した。その結果を摘記すれば次のごとくである。

1. 灌水量を多くすることによつて pH は幾分高い価を示し，又 Eh はおおむね低下の傾向を示している。

2. 苗の生育は地上部，地下部ともに乾燥区が最も良好で，灌水量が多くなると生育は劣る。

3. "ムレ苗" は乾燥区には発生せず，灌水量が多くなると第Ⅱ型の発生は 100 %を示した。

4. H_2O_2 加用により Eh は上昇し，Hydroquinon 加用によつて降下する。

5. 水稲苗に対する最適 pH は生育時期により変化するもののごとく，初期は比較的高く，後期は比較的低いが，おおよそ 5.0～4.0 の範囲内にあるものと見られる。

6. “ムレ苗” はpH5.0～5.2より高い場合に発生するが，苗床中の亜硝酸含量と密接な関係が認められる。

7. よつて “ムレ苗” の発生は苗床の土壌条件に原因があることが推定される。すなわち苗床の状態が不良なる場合には苗の生育はおとろえ，Eh の低下により有害物質の蓄積がおこり，これらの作用によつて根の機能が阻害されるものであることが知られる。 “ムレ苗” 発生に影響を与える有害物質として亜硝酸の存在を見出した。

本実験の遂行に当り終始懇篤なる御助言を頂いた北大教授石塚喜明博士に深甚の謝意を表するとともに，実験に協力を頂いた土壌肥料第3研究室長串崎技官及び同室島上英雄君に感謝の意を表する。

文　　献

1. Bingham, F., Chapman H. D., and Pugh, A. L. (1952) : Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 18 (3), 305.
2. Curtis Denzel, S. (1949) : Soil Sci., 68, 441.
3. Martin W. P., et al. (1943) : Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 7, 223.
4. Mevius, W. U. and Dikussar, I. (1930) : Jahrb. Wiss. Bof. 73, 633.
5. Russell E. J. (1952) : Soil Conditions and Plant Growth. Ed. 8., 295～296. Longmans Green Co., London.
6. Waksman, S. A. (1932) : Principles of Soil Microbiology. Ed. 2., 459. William and Wilkins Co., Baltimore.
7. 青峰重範・成田精一 (1943) : 農及園., Vol. 18, No. 11, 1121.
8. 土井彌太郎 (1942) : 農林省農事試験場報告, 69号.
9. 板野新夫 (1931) : 土壌微生物学, 193頁, 興文社, 東京.
10. 木村次郎 (1932) : 農事試験場彙報, Vol. 2. No. 1. 1.
11. 熊田恭一 (1949) : 日・土・肥., 19. 124.
12. 田川　隆・大谷吉雄 (1194) : 植及動., Vol. 10. 2, 987.
13. 大谷吉雄 (1947) : 寒地農業, Vol. 1., 4.
14. 田中一郎 (1942) : 札幌農林学会報, 35.
15. 渡辺敏夫・国分欣一 (1951) : 関東東山農業試験場研究. Vol. 1, 21., Vol 2, 20.
16. 渡辺敏夫・国分欣一・渋谷政夫 (1950): 日・土・肥, 20. 75.
17. 西潟高一・今野正二・長沼祐二郎 (1954) : 北海道農. 試. 彙報, 66号, 17.

Résumé

In this paper the authors described the results of experiments on the outbreak of “Murenae” which followed two courses in the main. In the 1st experiment, different amounts of irrigate water were supplied for separate seed beds; in the 2 nd experiment, the pH and Eh values of seed bed were controlled by means of sulfuric acid, calcium hydroxide, hydrogen peroxide and hydroquinon. The influences of these factors on the outbreak of “Murenae” were considered. The results were summarized as follows :

1. A rather high value of pH and generally low Eh showed, when the amount of irrigated water was increased.

2. Young shoots showed the best growth in dry plot and according as the water supply increased the growth was weakned.

3. In dry plot the “Murenae” did not break out and in wet plot it showed 100%.

4. The Eh value of seed bed was raised by addition of hydrogen peroxide, on the contrary, it was lowered by addition of hydroquinon.

5. The optimum pH for yuong shoot changed with the progress of growth stage, namely, in early stage the optimum value showed comparatively higher and in late stage comparatively lower values. Those values were in the range of pH 5.0～4.0.

6. In agreement with the fact reported in a previous paper, the "Murenae" breaks out when the pH value of seed bed showed higher than 5.0∼5.2. Now it was shown that there was a close relation between the degree of "Murenae" outbreak and the amount of nitrous acid in seed bed. That is, the more violent the outbreak of "Murenae", the larger the amount of nitrous acid found in the seed bed.

7. Therefore it was suggested that the outbreak of "Murenae" was owing to the soil conditions of seed bed. That is to say, "Murenae" breaks out when the growth of young shoot was weakened because of unfavourable conditions of seed bed; by lowering Eh value, injurious substances were accumulated in the soil, then the root functions were checked by these multiple effects.

As an iujurious substance which influences on the outbreak of "Murenae", nitrous acid was found in the seed bed.

馬鈴薯の貯蔵に關する研究

第1報　常温及び低温貯蔵による澱粉及び糖分含有量の消長

湯 村 寛* 佐 藤 正 人*

STUDIES ON THE STORAGE OF POTATOES

1. CHANGES IN STARCH AND SUGAR CONTENT OF POTATO TUBERS UNDER THE ROOM TEMPERATURE AND COLD STORAGE CONDITIONS

By Hiroshi YUNOMURA and Masato SATÔ

緒　　言

貯蔵中の馬鈴薯は温度，湿度等の貯蔵条件により成分，品質に影響を受けることが古くより認められている。塊茎成分のうち，温度と糖分含有量との関係については多くの報告[1,4,7,11,12,18,21,22]があり，低温貯蔵に於ては糖分の蓄積が著しく，且つ蔗糖含量の増大により甘味が増すと云われている[3]。成分，品質と貯蔵条件との相互関係については，例えば，RICHARDSON[15]等は低温障碍と糖含有量，調理黒変度との関連について報告し，DENNY[6]等は還元糖の含量が Potato chip の色調を褐変させ，その程度が低温に於て著しいことを述べている。種子用馬鈴薯の保存について SMITH[16]等は，品種により適正な貯蔵条件が異ること，又 DASTER[5]等は印度地方の如き高温な地帯に於て生産，貯蔵された馬鈴薯は間膜ペクチン含有量が少ないため，塊茎の肉質が軟化し易いことを報告している。米国，カナダ等に於ては，塊茎の発芽抑制，萎縮防止その他の品質保持のため貯蔵中の温湿度に注意を払い，40°F 前後の温度で，80～90% の湿度に保持することが最も好ましいと云われ，更に種々の換気法，Curing 貯蔵法等が推奨されている。

これらの事実から，馬鈴薯を貯蔵する場合，食糧或いは澱粉その他種々の加工目的に応じた貯蔵方法の考慮，品種の選択等が必要となるが，種々の貯蔵条件と成分及び品質の消長変化との相互関係については未だ不明の点も多いので，北海道産馬鈴薯を材料としてこれらの関係の解明を企図し先ず若干の主要品種について常温並びに低温貯蔵による澱粉及び糖分含有量の消長を調べ，興味ある結果が見出されたのでそれらについて報告する。

実験材料及び方法

1. **供試材料**　当場作物部作物第4研究室（島松）より分譲を受けたもので，供試品種及び収穫期日は下記の通りである。

早生種：「男爵薯」，「チトセ」，「オオジロ」：昭和29年9月10日

晩生種：「紅丸」，「馬鈴薯農林1号」，「ケネベック」：同年10月5日

2. **貯蔵法**　材料は各個体の土砂を丁寧に拭き取つた後，次の要領で貯蔵した。

A）品種比較試験：— 早生種では収穫後20日後に，晩生種では収穫10日後に地下，軟石製の貯蔵庫に貯蔵した。貯蔵中の温度変化の状態は第1表

---

* 農芸化学部農産加工研究室

第1表　常温貯蔵中の温度変化

Table 1　Changes in temperature during the room temperature storage.

期間　月	X		XI		XII		I	II	III	IV	
日	1～15	16～31	1～15	16～30	1～15	16～31	1～31	1～28	1～31	1～15	16～27
温度（C°）	13～9	9～10	10～6	4～5	5～2	2～0.5	0	0～−1	1～1.5	1.5～2.5	3～6

に示すとおりであり，湿度は好適な状態に保持され，関係湿度86～91%を維持していた。

B）低温貯蔵試験：― 前記品種のうちより「オオジロ」「馬鈴薯農林1号」の2品種を用いた。この室温は通常 0～3°C の間で多少の変化が認められた。関係湿度は 75～95% という広い幅を示したが，これは種々の都合により，時々，数日間に亘る連続通風が行われたために変則的になつたものである。

3．分析法　A）材料処理：― 塊茎の大きさを大(平均150g)，中（平均100g）及び小（平均50g）に分類し，早生種では中―15箇，小―10箇宛を，晩生種では中―40箇宛を任意に抽出して供試した。

B）分析法：― 全塊茎を，基冠部を貫いて2分したものを細切混合し，約10g で水分を定量し，20～25g で澱粉及び糖分を下記要領により定量した。

試料を磨砕の後水で遊離糖を抽出し，その濾液について直接還元糖を，N/5HCl，30 分加水分解により水溶性全糖を定量し，両者の差をもつて非還元糖含有量とした。一方の残渣について常法により HCl で分解後澱粉として定量した。なお糖の定量は，辺見・友枝[10]によるベルトラン変法により Glucose として定量算出した。

実 験 結 果

先ず貯蔵試験中に認められた品種の外観上の生理的特性を簡単に記載すれば，常温貯蔵の場合「オオジロ」は11月頃既に相当量の塊茎の1，2の目に，長さ0.5～2mm程度の発芽が認められ，その後翌年4月下旬の試験終了期まで芽の伸長は殆ど認められなかつた。5月上旬頃よりその他の品種の発芽が開始した。低温貯蔵の場合は「オオジロ」については前記試験と同様の状態を示し，翌年夏季に至るも未だ変化なく，他の品種も発芽が認められない。

A　常温貯蔵の結果

1．澱粉及び遊離全糖含有量の消長　貯蔵期間中の澱粉及び遊離全糖分含量の変化について第2表(早生種)，第3表（晩生種）及び第1図に示したが澱粉含有量は，早生種では「オオジロ」の初期を除きいずれも貯蔵初期より2月下旬頃まで著しく減少しているが，この間の変化には，新鮮物の場合品種によりやや特異的な傾向が認められる。晩生種では12月以降低温期に於ける減少が顕著である。2月下旬以降4月下旬に至る間については，更に1，2の数値がなければ品種による傾向を摑み難いが，一般にその変化は小さい。

これに対し遊離全糖分は，早生種，晩生種共に12月以降2月下旬までの蓄積が著しく，且つ品種による傾向差は認められない。貯蔵末期の傾向は澱粉含有量の変化と全く対照的である。

2．還元糖及び非還元糖の変化　還元糖及び非還元糖含有量の変化は第4表(早生種)，第5表（晩生種）及び第2図に示される如く，両種糖分は早，晩生種共に2月下旬頃まで殆ど同一傾向の消長が認められる。

第 2 表　常温貯蔵中の澱粉及び遊離全糖含有量の変化（早生種）

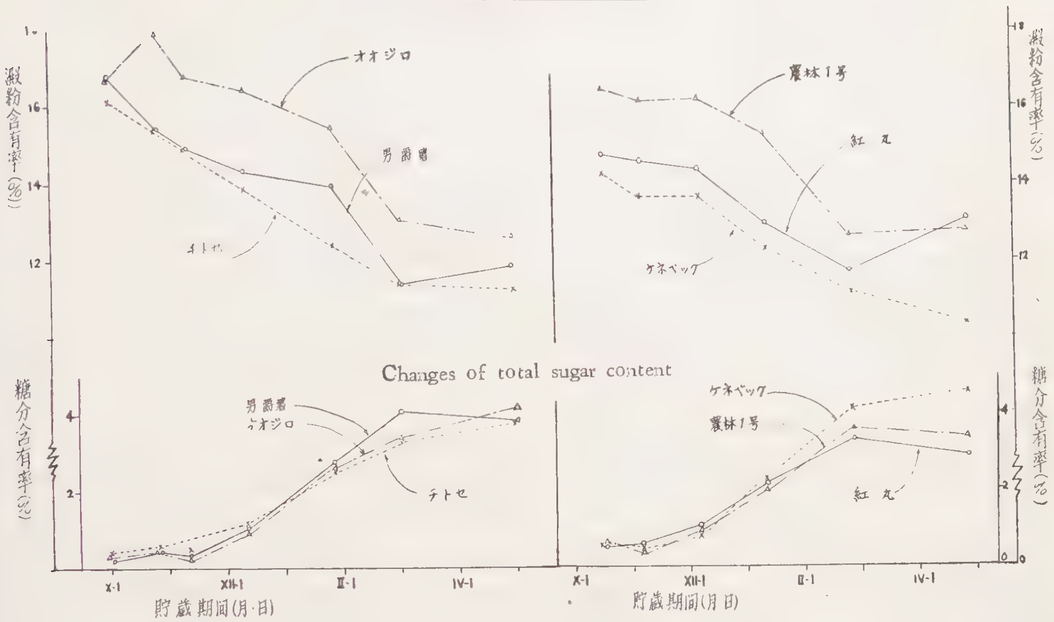
Table 2　Changes of starch and total sugar content at room temperature storage. (Early varieties)

項目		月日 / 品種	1954 X. 1	1954 X. 25	1954 XI. 10	1954 XII. 10	1955 I. 25	1955 III. 1	1955 IV. 28
新鮮物	澱粉	男爵薯	16.80	15.45	14.95	14.37	14.01	11.46	11.82
		チトセ	16.13	15.44	14.88	13.87	12.41	11.46	11.23
		オオジロ	16.74	17.89	16.77	16.43	15.44	13.03	12.62
	遊離全糖	男爵薯	0.27	0.51	0.38	1.04	2.70	4.06	3.83
		チトセ	0.38	0.59	0.45	1.12	2.55	3.29	3.78
		オオジロ	0.32	0.48	0.30	0.96	2.58	3.38	4.19
無水物	澱粉	男爵薯	74.11	70.86	70.42	67.53	61.68	51.78	53.38
		チトセ	72.31	70.50	69.11	65.46	58.66	53.89	50.60
		オオジロ	71.36	74.82	70.80	68.29	65.57	54.25	51.74
	遊離全糖	男爵薯	1.19	2.33	1.78	4.88	11.88	18.34	17.29
		チトセ	1.70	2.69	2.09	5.28	12.05	15.47	17.02
		オオジロ	1.36	2.00	1.26	3.99	10.95	14.07	17.40

第 3 表　常温貯蔵中の澱粉及び遊離全糖含有量の変化（晩生種）

Table 3　Changes of starch and total sugar content at room temperature storage. (Late varieties.)

項目		月日 / 品種	1954 X. 15	1954 XI. 5	1954 XII. 5	1955 I. 10	1955 II. 25	1955 VI. 25
新鮮物	澱粉	紅丸	17.74	14.56	14.36	12.92	11.71	13.03
		農林 1 号	16.29	16.08	16.18	15.24	12.64	12.77
		ケネベツク	14.27	13.63	13.61	12.31	11.14	10.35
	遊離全糖	紅丸	0.50	0.61	1.06	2.13	3.33	2.91
		農林 1 号	0.61	0.41	0.90	1.96	3.61	3.42
		ケネベツク	0.55	0.51	0.77	2.30	4.11	4.54
無水物	澱粉	紅丸	65.43	64.25	65.84	60.19	50.72	57.94
		農林 1 号	68.64	67.00	67.87	66.15	54.13	55.69
		ケネベツク	62.77	59.44	60.29	56.46	48.75	46.84
	遊離全糖	紅丸	2.21	2.69	4.86	9.92	14.42	12.92
		農林 1 号	2.57	1.70	3.77	8.50	15.46	14.91
		ケネベツク	2.41	2.22	3.41	10.54	18.00	20.55



第 1 図　常温貯蔵と澱粉及び遊離全糖分含有量の変化

Fig. 1　Changes of starch and total sugar content at room temperature storage.

第 4 表　還元糖及び非還元糖含有量の変化（常温，早生種）

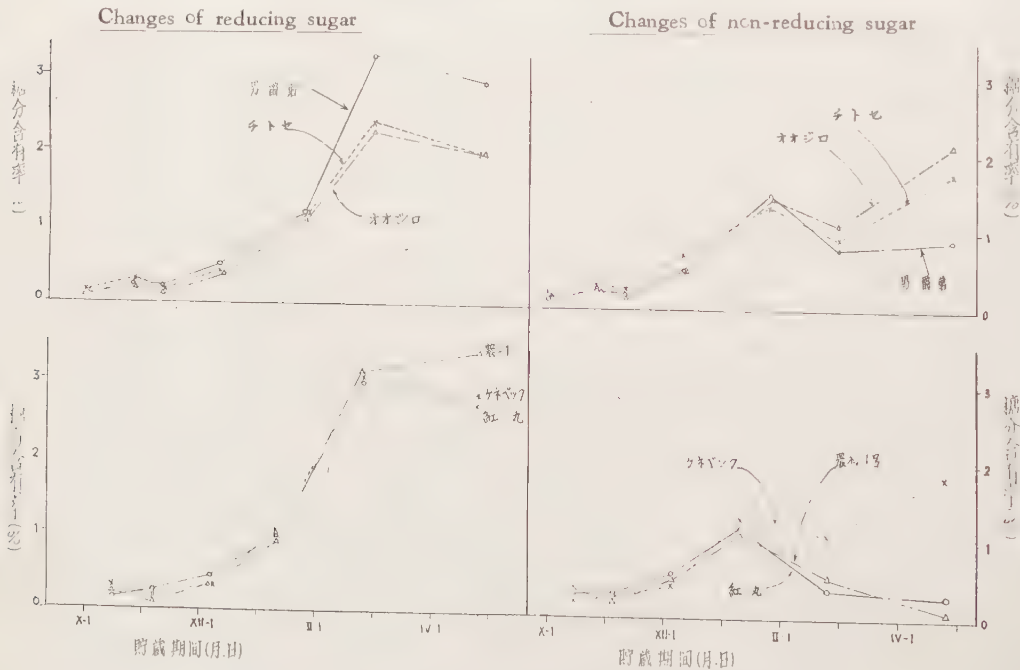
Table 4　Changes of reducing and non-reducing sugar content at room temperature storage. (Early varieties)

項目		月日 / 品種	1954				1955		
			X. 1	X. 25	XI. 10	XII. 10	I. 25	III. 1	IV. 28
還元糖	新鮮物	男爵薯	0.11	0.23	0.17	0.49	1.19	3.25	2.93
		チトセ	0.16	0.27	0.18	0.39	1.20	2.37	2.00
		オオジロ	0.14	0.21	0.12	0.40	1.10	2.27	2.04
	無水物	男爵薯	0.48	1.05	0.80	2.30	5.23	14.68	13.23
		チトセ	0.71	1.23	0.83	1.84	5.67	11.14	9.01
		オオジロ	0.59	0.87	0.50	1.66	4.67	9.45	8.47
非還元糖	新鮮物	男爵薯	0.16	0.28	0.21	0.55	1.51	0.81	0.90
		チトセ	0.22	0.32	0.27	0.73	1.35	0.92	1.78
		オオジロ	0.18	0.27	0.18	0.56	1.48	1.11	2.15
	無水物	男爵薯	0.70	1.28	0.98	2.58	6.64	3.66	4.06
		チトセ	0.98	1.46	1.25	3.44	6.37	4.32	8.01
		オオジロ	0.76	1.12	0.76	2.32	6.28	4.62	8.93
非還元糖対還元糖の比率（新鮮物）		男爵薯	1.45	1.21	1.22	1.12	1.26	0.24	0.31
		チトセ	1.38	1.18	1.50	1.86	1.12	0.38	0.89
		オオジロ	1.28	1.28	1.52	1.39	1.35	0.48	1.05

第 5 表　還元糖及び非還元糖含有量の変化（常温，晩生種）

Table 5　Changes of reducing and non-reducing sugar content at room temperature storage. (Late varieties)

項目		品種 ＼ 月日	1954 X. 15	1954 XI. 5	1954 XII. 5	1955 I. 10	1955 II. 25	1955 IV. 25
還元糖	新鮮物	紅丸	0.21	0.28	0.48	0.99	2.98	2.67
		農林1号	0.25	0.17	0.38	0.85	3.09	3.38
		ケネベック	0.34	0.22	0.34	1.05	3.07	2.79
	無水物	紅丸	0.93	1.23	2.20	4.61	12.91	11.86
		農林1号	1.05	0.70	1.59	3.68	13.19	14.74
		ケネベック	1.49	0.95	1.50	4.81	13.44	12.63
非還元糖	新鮮物	紅丸	0.29	0.33	0.58	1.14	0.35	0.24
		農林1号	0.36	0.24	0.52	1.11	0.52	0.04
		ケネベック	0.21	0.29	0.43	1.25	1.04	1.75
	無水物	紅丸	1.28	1.45	2.65	5.31	1.51	1.06
		農林1号	1.51	1.00	2.18	4.81	2.27	0.17
		ケネベック	0.92	1.26	1.50	5.73	4.56	7.92
非還元糖対還元糖の比率（新鮮物）		紅丸	1.37	1.17	1.20	1.15	0.12	0.08
		農林1号	1.43	1.42	1.37	1.30	0.17	0.01
		ケネベック	0.61	1.32	1.26	1.19	0.34	0.63



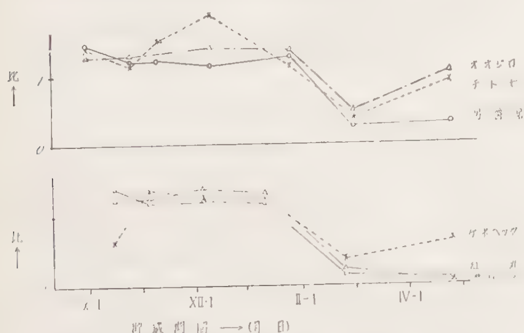
第 2 図　還元糖及び非還元糖含有量の変化（常温貯蔵）

Fig. 2　Changes of reducing and non-reducing sugar content at room temperature storage.

即ち，還元糖含量は11月までの変化は極めて小さく，12月頃より1月下旬頃にかけて漸増した後2月下旬頃に急激な増大を示している。その後貯蔵末期頃には「馬鈴薯農林1号」以外の品種はすべて僅かに減少している。

一方非還元糖の含量は，1月下旬頃までは還元糖と同様の経過を辿つた後，2月下旬頃に減少している。次で4月下旬にはその儘減少を継続するもの，再び増大するもの等比較的大きな変動が認められるが，この間の消長を確認するためには澱粉の場合と同様，中間に data を必要とするところである。

以上の如く，澱粉，還元糖及び非還元糖含量の消長が，時期的に極めて特徴ある傾向が得られたので，特に非還元糖と還元糖の量的組成比の変化をグラフ（第3図）に求めて見たが，1月下旬頃以降の低減が極めて特異的に認められる。



第3図 非還元糖と還元糖の含量比の変化（常温貯蔵）

Fig. 3 Changes of ratio of non-reducing sugar to reducing sugar content at room temperature storage.

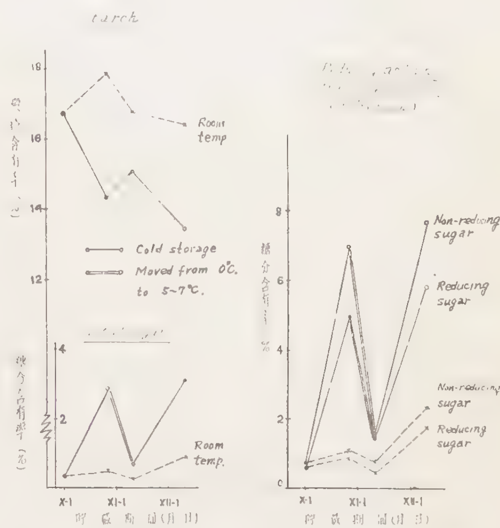
B. 低温貯蔵と澱粉及び糖分の變化

前記常温貯蔵の場合は冬季間数箇月に及ぶ低温に放置されるので，試験Aの結果が，貯蔵馬鈴薯本来の生化学的特質（強制休眠）に基づくものであるのか，或いは長期に亘る低温によりもたらされた結果であるのかということに就て，低温長期貯蔵に関する実験を併行的に行つた。

1. 温度の変化による影響 短期間の温度変化による影響について，下記の如く温度の降下及び上昇処理を人為的に行つた結果は第4図の如くである。

温度変化の処理条件

低温	加温	低温
10°C より0～2°C に降げて25日間放置	0°C より5～7°C に加温して15日間放置	7°C より[illegible]C に降げて30日間放置



第4図 炭水化物含量に及ぼす温度変化の影響

Fig. 4 Effect of changing temperature on carbohydrate transformation.

温度の降下，上昇による澱粉及び糖分含量の影響が極めて顕著にあらわれ，澱粉含有量は温度降下により減少し，加温により増加する。これに対し遊離全糖量は相反する変化を示している。又非還元糖と還元糖の比は，低温処理2回共1.3～1.4となり常温貯蔵の場合の1月下旬頃より前の数値と同程度であることも一つの特徴である。

2. 長期の低温による影響 6～7箇月の長期間に亘り低温貯蔵を行つた場合の消長の状況は，第6表「オオジロ」，第7表「馬鈴薯農林1号」，第5図（澱粉及び遊離全糖）及び第6図（還元糖及び非還元糖）に示してある。なお「オオジロ」の場合は前記試験1に引続き冷蔵されたものである。

低温室温度条件

月	XI	XII	I	II	III	IV
期間（日）	1～4 3～15	16 ～	15	16	～	27
温度（C°）	7～3 3～2	1 ± 1		2～3°		

第6表　低温貯蔵の炭水化物含有量に及ぼす影響「オオジロ」

Table 6　The effect of cold storage on carbohydrate content (Ôjiro).

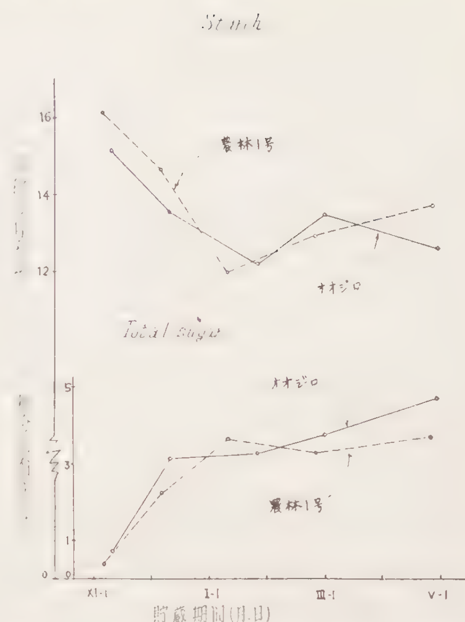
項目 ＼ 月日		1954 Ⅺ.10	Ⅻ.10	1955 Ⅰ.25	Ⅲ.1	Ⅳ.28
澱粉	新鮮物	15.11	13.51	12.18	13.42	12.53
	無水物	65.53	58.33	51.82	53.25	51.59
遊離全糖	新鮮物	0.70	3.11	3.18	3.69	4.67
	無水物	3.03	13.42	13.53	15.28	19.22
還元糖	新鮮物	0.34	[illegible]	[illegible]	2.41	[illegible]
	無水物	1.47	5.78	5.91	9.95	10.32
非還元糖	新鮮物	0.36	1.77	1.79	1.28	2.04
	無水物	1.56	7.64	7.61	5.28	8.39
非還元糖と還元糖の比率		1.06	1.32	1.28	0.53	0.77

第7表　低温貯蔵と炭水化物含有量に及ぼす影響（馬鈴薯農林1号）

Table 7　The effect of cold storage on carbohydrate content (Norin-1).

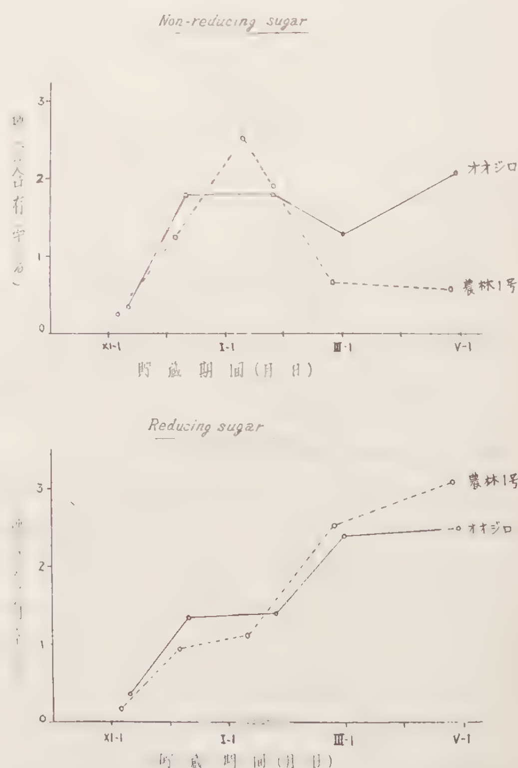
項目 ＼ 月日		1954 Ⅺ.5	Ⅻ.5	1955 Ⅰ.10	Ⅱ.25	Ⅳ.25
澱粉	新鮮物	16.08	14.60	11.82	12.86	13.64
	無水物	67.00	63.48	50.50	53.10	[illegible]
遊離全糖	新鮮物	0.42	[illegible]	[illegible]	3.24	[illegible]
	無水物	1.70	9.56	15.51	13.37	14.78
還元糖	新鮮物	0.17	0.95	1.11	2.55	3.09
	無水物	0.70	4.13	4.74	10.52	12.51
非還元糖	新鮮物	0.24	1.25	[illegible]	0.69	[illegible]
	無水物	1.00	5.43	10.76	2.84	[illegible]
非還元糖と還元糖の比率		1.42	1.31	2.27	[illegible]	[illegible]

図及び表によれば，澱粉含量の低下と遊離全糖分含量の蓄積増大は，冷蔵開始後2箇月程度までが極めて顕著であるが，その後(4月下旬頃まで)の消長は澱粉含量にかなりの増減が見られる外は比較的緩慢である。非還元糖と還元糖は，共に1～2箇月間の増大が著しく，その後約1箇月間に



第5図　低温貯蔵に於ける澱粉及び遊離全糖含有量の消長

Fig. 5　Changes in starch and total sugar content during cold storage.



第6図　還元糖及び非還元糖含有量の変化

Fig. 6　Changes in reducing and non-reducing sugar content during cold storage.

非還元糖は減退し還元糖は更に蓄積される。次で試験末期頃には非還元糖量が若干減少している。従つて低温貯蔵による炭水化物主成分の消長は常温貯蔵の場合の低温期に於ける傾向と比較して澱粉の変化以外は，極めて類似の点が多く興味あるところである。

考　　察

以上の結果，馬鈴薯塊茎の炭水化物主成分である澱粉及び糖分は，温度に対して不安定であり，環境温度の高低による澱粉⇄糖の可逆的転換が鋭敏であることが認められた。又，常温並びに低温貯蔵中の或る時期に蔗糖→還元糖への転化が行われる等，炭水化物諸成分が，貯蔵中にかなり移動変化し，しかもその様相が時期的に異ることが認められたのである。従つて，北海道の如く秋季より春季にかけて気温が温暖→低温→温暖な経過を辿り，しかも低温期の比較的長い地域に於て，半地下或いは土中等で翌春まで貯蔵を行う場合には気温の地域或いは年による変異，或いは貯蔵様式等により多少の傾向差は生ずるであろうが，殆ど本実験に於けると同様の様相を辿るものと考えられる。

環境温度と澱粉含量との関係については，APPLEMAN[1] 及び TREADWAY[20] 等の結果を綜合すれば，20～25°C以下0°C 以上では，いずれの温度に於ても澱粉含量が減少する。しかして，その減少度は低温であるほど大きく，且つその変化が２～３箇月以後では小さいと云う。本実験に於て貯蔵初期の温暖な季節に於ても，品種により傾向差はあるが，減少し始めていることは，明らかに温度降下の影響によるものであろう。しかしこの時期に於て「馬鈴薯農林１号」「紅丸」等の品種が殆ど安定的な状態にあることは，品種の特異性によるものではないかと考えられるが，この点に就ては今後更に検討の上結論を導きたいと考えている。又，低温貯蔵に於ける傾向，常温貯蔵の場合の２月下旬頃まで（低温期約２箇月後に相当）の減少度の顕著なことは，上記の報告と類似するものである。

一方遊離糖分の含量は低温であるほど増大することに就ては，既に諸氏[1,4,7,11,12,18,21,22]により認められており，WRIGHT[22] は 4～0°Cに於ける蓄積が著しいと報じている。本実験に於ても，還元糖，非還元糖含有量の顕著な増大が，冷蔵１～２箇月間及び常温貯蔵の低温期に於て認められた。しかしその後の４月下旬に至る間は両処理結果共に蔗糖が一旦減少した後再び増大又は減少継続が見られ，還元糖は急激に増大した後僅かに減少している。又両種糖の量的関係は，１月中～下旬頃まで，すなわち低温初期に於ては非還元糖（蔗糖）の方が還元糖より蓄積量が多く示されており，その後約１箇月間に蔗糖→還元糖の転化形式が現われている。更に興味あることは常温貯蔵の場合の低温期に於ける傾向と，低温処理２箇月以降の変化とが類似していることである。

低温時の澱粉分解と糖の生成機構については，BONNER[3] 等は 0°Cに貯蔵（14日間）した場合の塊茎の Phosphorylase は，25°Cに貯蔵した場合の如き酵素作用の阻害物質が存在しないためにその activity が強いことを述べ，更に，従来から種々論議されている Amylase については，いずれの温度に於てもその作用力が微弱であると云つている。本実験の両処理結果に於て，低温短期間貯蔵（１～２箇月）の場合には BONNER の所説は首肯し得るところであるが，長期に亘る低温に於ける傾向は，澱粉分解活性度の低下によるものであるか，或いは阻害物質等の生成等によるのか BONNER の報告及び本実験結果のみでは推考し難い。最近 PORTER[14] 等は，BONNER の結果に対して温度と Phosphorylase 活性力との関係について追試した結果，いずれの温度に於ても阻害物質の存在が認められず，従つてその活性度に差異は生じなかつたと報告しているので，長期間低温に放置された場合の澱粉分解機構については今後の解明を要する課題であると考えられる。

又，塊茎貯蔵中の蔗糖と還元糖との関係については，田川[18]等は，蔗糖を一時的貯蔵糖の役割を有するものとして考えているが，本実験に於ても両試験結果から同様のことが考えられる。その量的関係については，BONNER 等も，低温時には Glucose-1-P より Fructose -1-P への移動がより

進行し，且つSucroseの生成量が多いことを認めている。又，還元糖と非還元糖の消長には常温貯蔵に於ける1月以降の傾向と，低温処理2～3箇月以降の変化との間にその軌を同じくする点の多いことが認められたが，この関係は田川等の述べた如く[18,19]，休眠末期前萌芽期に於ける還元糖含量の増大と非還元糖含量の減少，Phosphorylase，呼吸作用等の活潑な活動開始期に相通ずるところもあるが，本実験は両種糖の消長結果のみであり，又，かかる変化の時期は，未だ前萌芽期とするにはいささか時期が早いので，これらの点の解析については今後の結果に譲りたい。2月下旬より4月下旬に至る間の澱粉及び糖分の消長についてはこの間に更に1～2回の分析数値を必要とするので結論は避けたいが，品種の萌芽前期に於ける生理化学との関連性が或る程度認められるようである。

摘　　要

以上，馬鈴薯の主要品種について常温及び低温貯蔵を行い，その間の澱粉及び糖分含有量の消長を追跡した結果は，次の如く要約される。

1. 馬鈴薯を常温に貯蔵する場合，環境条件により多少の差異は予測されるが，澱粉及び糖分の消長変化は時期的に4期に大別される。第1期は，収穫後より11月下旬頃までの気温の温暖下降期に当り，澱粉含量は品種により傾向差はあるが減少し始める。還元糖及び非還元糖含量は低く且つ変化は極めて小さい。第2期は，12月上旬より1月下旬頃までの低温初期で，澱粉含量の低下が速かで還元糖，非還元糖の蓄積が旺盛となる。

次で第3期は1月下旬～2月下旬乃至3月上旬頃までの低温中間期(0±1°Cを保つ低温安定期)で，澱粉は引続き減少し，糖分は非還元糖含量の減退と還元糖の急速な増大を示すことが特徴である。最後の第4期は4月下旬頃までの萌芽前期で未だこの時期の大部分が低温なため低温末期とも云える時期である。この頃は澱粉含量の低下が殆ど停止して変化が小さくなり，還元糖含量も僅かながら変化するが，非還元糖は増大，減少等品種によりかなりの変動が見られる。

2. 馬鈴薯を低温に貯蔵する場合，1～2箇月間に澱粉含量の減少と還元糖及び非還元糖の急激な増大が認められる。貯蔵が長期に亘るときは常温貯蔵の第3期以降と略類似の消長を示す。

本滴の終りに当り，終始御懇篤な御指導を賜わつた当場農芸化学部長西潟高一技官，種々の点で御鞭撻と御教示を賜わつた北海道大学農学部教授中村幸彦博士，同教授石塚喜明博士，同教授田川隆博士，同伊藤信夫助教授同森量大助教授，並びに農林省食糧研究所食糧加工部諸類研究室長鈴木繁男技官，試料の分譲等の御便宜と御助言を戴いた当場作物部作物第4研究室長永田利男技官及び同研究室の諸氏，有益な示唆を戴いた肥料研究室長串崎光男技官の各位に深甚なる謝意を表すると共に，本実験に熱心な御援助を得た当研究室河副妙子，今村信子の両嬢に厚く御礼を申し上げる

なお本報の一部は昭和30年6月24日，日本農芸化学会北海道支部大会に於て報告したものである。

文　　献

1) Appleman, C. O. (1911) : Physiological behavior of enzymes and carbohydrate transformation after-ripening of the potato tuber. Bot. Gaz., 52, 306.

2) ―――――― and E. V. Miller (1926) : A chemical and physiological study of maturity in potatoes. Jour. Agr. Res., 33, 569.

3) Arreguin-Lozano, B. and J. Bonner (1949) : Experiments on sucrose formation by potato tubers as influenced by temperature. Plant. Physiol., 24, 720.

4) Barham, H. N., G. Kranser and G. N. Reed (1943) : Influence of various factors on the starch content of Kansas-grown potatoes and sweet potatoes. Jour. Agr. Res., 67, 395.

5) Daster, R. H. and S. D. Agnihotri: (1934) : Pectic changes in potato tubers at different stage in growth and in storages. Ind. Jour. Agr. Sci., 4, 430.

6) Denny, F. E. and N. C. Thornton: (1940) : Factors for color in the production of potato chips. Contri. Boyce Thompson Inst., 11, 291.

7) ―――――― (1941) : Carbon dioxide prevents the rapid increase in the reducing sugar content of potato tubers stored at low temperatures. Contrib. Boyce Thompson Inst., 12,

79.

8) EDGAR, A. D., C. H. JEFFERSON and E. J. WHEELER (1945) : Potato storage for Michigan. Michigan State College Spec. Bull., 320.

9) HARDENBURG, E. V. (1949) : Potato Production pp. 196. Comstock Publ. Co., Ithaca, New York.

10) 辺見文雄・友枝幹夫 (1944) : 還元糖定量に用ふる計算表に就て 日・農・化., 19, 381.

11) HOPKINS, F. H. (1924) : Relation cf low temperature to respiration and carbohydrate changes in potato tubers. Bot. Gaz., 78, 311.

12) MATHUR, P. H. (1951) : Cold storage of potatoes. Jour. Sci. Ind. Res. (India), 10B, 224 ; Chem. Abst., 46, 2709.

13) PHILLIPS, W. R. (1952) : Potato storage. Dept. Agr. Ottawa. Canada, Pub., 882.

14) PORTER, H. K. and W. R. REES (1954) : Some effects of extracts of potatoes on the activity of a phosphorylase preparation. Plant. Physiol., 29, 514.

15) RICHARDSON, L. T. and W. R. PHILLIPS (1949) : Low temperature breakdown of potatoes in storage. Sci. Agr., 29, 149 ; Chem. Abst., 44, 2669.

16) SMITH, O. (1933) : Studies of potato storage. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull., 553.

17) ———— (1937) : Influence of storage temperature and humidity on seed value of potatoes. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull., 663.

18) 田川 隆・岡沢養三・酒井隆太郎 (1948) : 馬鈴薯の生理形態学的研究, 第1報, 貯蔵炭水化物の消長並びに塊茎組織の生理的変化, 寒地農学 2, 39.

19) 田川 隆・岡沢養三 (1954) : 馬鈴薯の生理形態学的研究, 第16報, 馬鈴薯塊茎の休眠と Phosphorylase, Phosphatase 並にアスコルビン酸との相互関係について, 日・作・紀., 23, 1.

20) TREADWAY, R. H., M. D. WALSH and M. F. OSBORNE (1949) : Effect of storage on starch and sugars contents of Maine potatoes. Amer. Potato Jour., 26, 33.

21) WALTERSTEIN., J. S., R. REINHART, H. LEVY and A. L. SCHADE (1950) : Changes in metabolic characteristics of white potato as influenced by conditions of storage. Food. Res., 15, 192 ; Chem. Abst., 44, 10208.

22) WRIGHT, R. C. (1932) : Some physiological studies of potatoes in storage. Jour. Agr. Res., 45, 543.

Résumé

In this paper the authors described the changes in starch and sugar content of potatoes during storage. The experiments were carried out under two storage conditions. Under the first, using six varieties, potato tubers were stored at room temperature in the undergroud chamber which was maintained at about 85 to 90 per cent of relative humidity. Under the other, using two varieties, tubers were stored at low temperature, but the humidity could not be maintained constant because the regulator of chamber was imperfect. The experimental results may be summarized as follows:

1) When the potato tubers were stored at room temperature from early in October (at ten or twenty days after harvest) to the end of April (the tubers were in the resting period), changes occurred in the content of starch, reducing and non-reducing sugars. These changes, even though they were varied to some extent by the environmental conditions of storage, appeared to have four stages as follows.

In the first stage, from the harvest time to the end of November which period was mild and the temperature was lowered gradually, the starch content in some varieties decreased considerablly, although there were some differences with varieties. Reducing and non-reducing sugar content was low and

their changes were small.

In the second stage, from December to January, the temperature decreased from 5°C to 0°C, gradually in December and then remaind about 0°C. in January, a noticiable loss in starch and accumulation of reducing and non-reducing sugar were observed.

The third stage, from the end of January to the end of February, was the season of low temperature. In this period, the starch converted to sugar successively, non-reducing sugar declined and reducing sugar increased rapidly.

In the last stage, from March to the end of April in which period the temperature kept at 0°C to 2°C except the end of April, it could be observed that the changes of starch and reducing sugar content were small, but non-reducing sugar fluctuated with varities.

2) When the potato tubers were kept at low temperature, the loss in starch content and accumulation of reducing and non-reducing sugar were promoted within one or two months. When the cold storage was continued for about five or six months, the changes in content of the sugars during the last three or four months were very similar to those of the last two stages of room temperature storage.

馬鈴薯疫病菌の生理学的研究
第3報　培養基質を異にする馬鈴薯疫病菌々糸の生育と呼吸の關係

* 酒 井 隆 太 郎

PHYSIOLOGICAL STUDIES ON THE *PHYTOPHTHORA INFESTANS* (MONT) DE BARY
PART 3. ON THE RELATION BETWEEN THE GROWTH AND THE RESPIRATION OF *PHYTOPHTHORA INFESTANS* IN VARIOUS NUTRIENT SOLUTIONS

By Ryutaro SAKAI

I 緒　　言

従来筆者は馬鈴薯疫病菌の純粋培養基上に於ける菌糸の生育並びに胞子の形成に関し研究を進めて来たが，SNIESZKO[7] 等は本菌の胞子の形成は培地上に空中菌糸が生育したときのみ多数みられ，培養基質内の菌糸上には殆ど形成されないことを報告した。又筆者も同様にこれを観察した[5,6]。故に純粋培養基上に於いて多量の胞子を採取するためには，他の糸状菌の場合と同様に出来るだけ，空中菌糸の生育を良好にすることが重要な条件の一つになると思われる[3,7]。筆者が従来用いた培養基のうち，特に馬鈴薯煎汁及び WAKSMAN の両培地に生育した菌糸の状態を比較するに，前者では空中菌糸の生育量は基質内潜入菌糸に比し遙かに多く，一方後者ではこれと全く反対に潜入菌糸の生育が優る。このような菌糸生育の相異は主として菌糸の栄養代謝の差に基づくと考えられるが[11]，本実験ではこれら2種培養基質に生育する本菌の生理を追求するため，先ず本菌の培養性質及び呼吸作用を比較検討した。

II 実験材料及び実験方法

供試材料　本実験に用いた馬鈴薯疫病菌は当場圃場罹病塊茎より純粋分離した当研究室保存 H_1 菌である[5]。

培養實驗　実験に用いた培養基の種類は馬鈴薯煎汁及び WAKSMAN 氏液の寒天並びに液体培地でこれらは常法により作製した。今その組成を示すと次の如くである。なお寒天培地は寒天 1.5 % のものを使用した。

馬鈴薯煎汁：馬鈴薯　200g，　Glucose　30g，
蒸溜水　1000cc.

WAKSMAN氏液：Pepton　5.0g，KH_2PO_4 1g，
$MgSO_4\ 7H_2O$　0.5g，Glucose 10g
蒸溜水 1000cc.

これらの培養基の pH は HCL，NaOH で所定の濃度に調整した。培養実験では両培地共pH5.5で行つた。接種菌の育成並びに培養法は前報に準じて行つた[5,6]。なお寒天培養は試験管で斜面培養を行い，又液体培養は 250cc エルレンマイヤーフラスコに培養液 50cc 宛分注して使用した。

この場合の培養液の深さは約 13mm である。

呼吸實驗　供試菌体は馬鈴薯煎汁に接種後19°C で20日間培養した菌体を，水で充分洗滌し，更に飢餓処理のため生理的食塩水に室温で1昼夜放置した。測定に当つて濾紙を用いて菌体の水分をとり，直ちに目盛筒を用いて菌体容積を測定し，後再び濾紙で水分をとり実験に供した。呼吸測定後

* 病理昆虫部病害第I研究室

の菌体は水で洗滌後秤量管に入れ 80°C で恒量になるまで乾燥秤量した。呼吸の測定は WARBURG 検圧計によつて行い，毎分 100 廻転，空気相で 25°C に於ける 30～60 分間の呼吸量を測定した。容器は約20cc容のものを用い，主室に菌体と反応液3cc，副室に10%KOH 0.2cc と濾紙の小片を入れた。

緩衝液は SÖRENSEN の燐酸緩衝液を使用した。呼吸基質として先ず本菌の主要呼吸材料としての各種糖類の価値を比較するため以下に述べる炭素源を使用した。

単 糖 類： Glucose, Fructose, Galactose.
複 糖 類： Maltose, Sucrose, Lactose.
多 糖 類： Inulin, Soluble starch, Dextrin.
高級アルコール： Mannit, Glycerin.
有 機 酸： Formic acid, Acetic acid, Oxalic acid. Succinic acid.

以上の呼吸基質の濃度は総べて Glucose 30 g/ℓ の炭素量と当量になるようにした。

又培養液を呼吸基質とした場合はそのままの濃度で行つた。呼吸阻害実験に用いた阻害剤はKCN 1/2000 mol 濃度で行つた。

Ⅲ 実験結果

培養試験

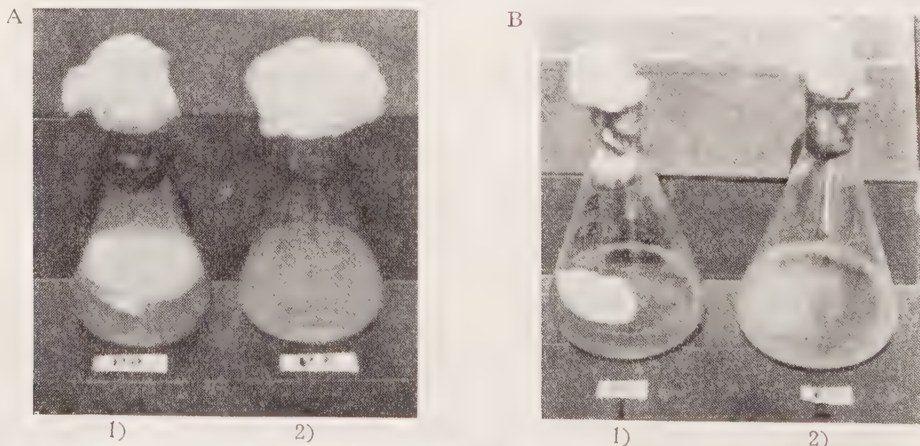
馬鈴薯煎汁及び WAKSMAN 氏液培地に於ける本菌々糸の生育観察（第 I 図参照）。

1 寒天培地　馬鈴薯煎汁寒天では接種後 2 日目より菌糸は培地中に潜入するが，5 日目頃より空中菌糸の発生が認められ，以後接種菌体を中心として培地表面上に空中菌糸は拡大し，20日後には菌糸は培地上全面に生育した。

又培地内に潜入した菌糸は比較的浅く且つその生育量は少ない傾向が認められた。

一方 WAKSMAN 氏液寒天培地では接種後 2 日目より菌糸は培地中に潜入するが，潜入菌糸の生育は比較的良好で且つ深部に達し，馬鈴薯煎汁培地の潜入菌糸に比し遙かに生育が良好である。又空中菌糸の生育は培養期間の前，中期を通じて殆ど認められないが，培地中の菌糸が培地中全体に充満した後，初めて空中菌糸の生育を観た。

2 液体培地　両培養液に於ける菌糸の生育状態は大体寒天培地に於けると同様で，その傾向をより明らかに示した。すなわち馬鈴薯煎汁では培養液表面に浮べた接種菌を中心として培地表面上に空中菌糸を生育するが，培地内の菌糸は短く且つ生育量も少ない。もし接種菌を培養液底部に沈めた場合は菌糸の生育は極めて不良となる。又 WAKSMAN氏液培地では基質表面に浮べた接種菌体は培地中に菌糸を潜入し，菌体はその生育に伴つて培地中に沈むが菌糸の生育は比較的良好である。



第 1 図　馬鈴薯煎汁，WAKSMAN 液培地に於ける菌糸の生育（A；寒天培地，B；液体培地）

Fig. 1　Growth of mycelium on Potato 1) and WAKSMAN's solution 2) (A. agar media B. liquid media).

最初から接種菌体を培養液内に沈めても菌糸の生育があまり阻害されないようである。

又空中菌糸は寒天培地に於けると同様潜入菌糸が基質中に満された後に始めて僅少認められた。

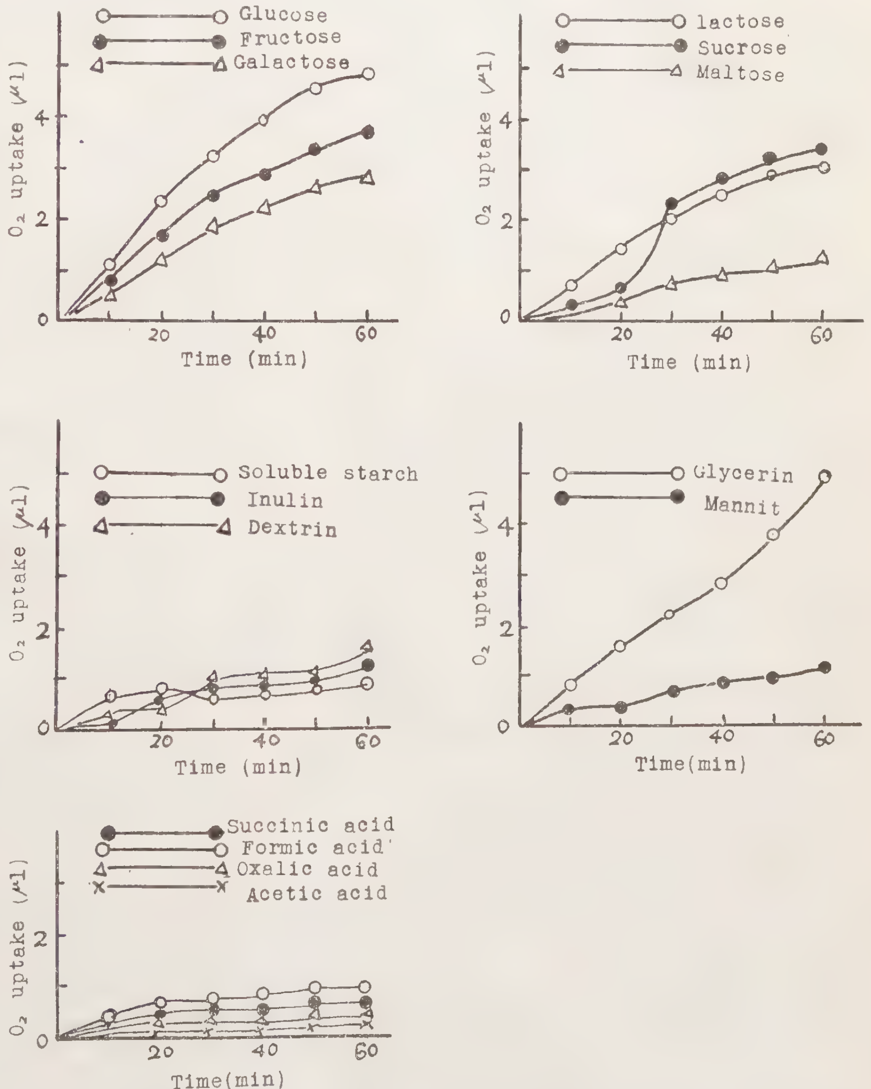
3　嫌気培養実験　SHOIENSACK[2]の方法により大型試験管を使用して斜面培養を行つた。馬鈴薯煎汁寒天培地では酸素缺乏状態では全く菌糸の生育は認められないが WAKSMAN 寒天培地の接種菌では僅かに菌糸の生育が認められる。しかしまもなく生育は停止するようにみえる。以上の培養実験はそれぞれの培地で数回繰返し同一実験を試みたが，殆ど同一の結果を得た。これらの培養性質よりみると本菌は培地から利用する栄養源によつて呼吸機作が多少異るように考えられた。

呼吸實驗

1　各種糖類を呼吸基質とした時の本菌の呼吸

前述の培養実験では炭素源として Glucose を用いたが，これは本菌の炭素源として菌体構成材料に極めて良好であつた[5]。今，呼吸材料としての Glucose をその他の糖類と比較しそれぞれに対する本菌々糸の酸化能を測定した。その結果を示すと第2図の如くである。なお各基質は pH 5.5 とし，菌体乾燥重量 10mg 当りの酸素吸収量で示した。本結果より各炭素源中一般に単糖類が本菌の呼吸材料として優れ，特に Glucose に対する本菌の酸化能は高く，これに Fructose, Galactose が続く。複糖類では Sucrose, Lactose が良好である。なお Sucrose に対する本菌の酸化能は測定初期は低いが，約 30 分後より増加を示した。又高級アルコール類では Glycerin が大体 Glucose に匹敵する酸化能を示した。

なお多糖類及び有機酸類に対しては酸化能低く

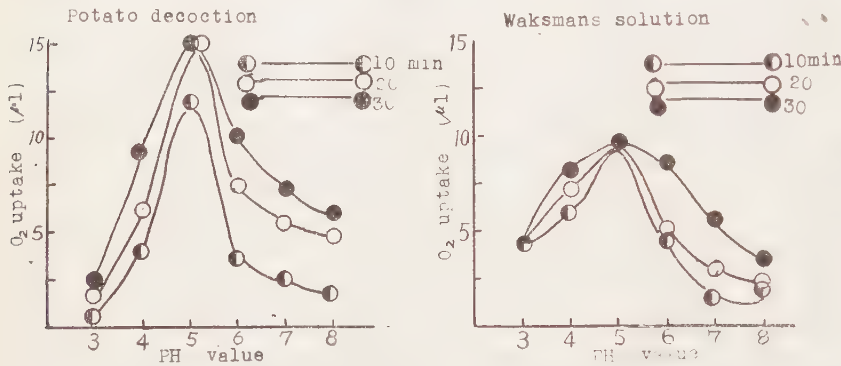


第2図　各種炭素源を呼吸基質とする本菌の呼吸

Fig. 2　O_2 uptake of the mycelium by various kinds of carbon sources (O_2 uptake for 60 min. (µl) 10 mg. dry mycelium).

呼吸材料として不良のようである。この結果よりみるとほぼ本菌の培養に対して良好な炭素源は呼吸材料としても又優れる傾向を示した。

2　至適 pH 曲線　馬鈴薯煎汁及び WAKSMAN 培養液を呼吸基質として，基質 pH と本菌々糸の酸素吸収量を測定した結果は第 3 図に示す如くである。

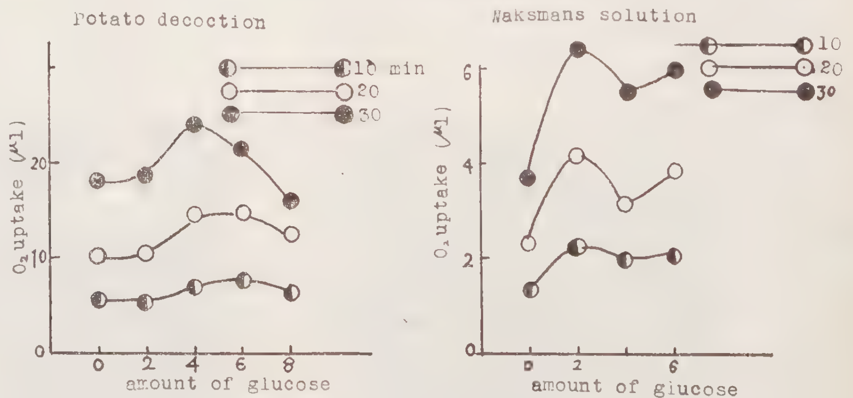


第 3 図　至適 pH 曲線

Fig. 3　pH activity curve (O_2 uptake for 10, 20, 30 min. (μl) 10 mg. dry mycelium).

即ち馬鈴薯煎汁では pH3.0では見るべき酸素吸収は認められないが，これより pH の増大するに伴つて酸素吸収は急速に増加し，pH5.0 で最高に達した。

更に pH の増大は急速に酸素吸収の低下を示した。この結果は，馬鈴薯煎汁では本菌々糸の酸素吸収に対する至適 pH の範囲は狭いことが示された。又 WAKSMAN 液の場合も図にみる如く pH 曲線は略前者と同様の傾向を示すが，比較的緩く至適 pH の範囲は広いことが示された。



第 4 図　至適糖濃度曲線

Fig. 4　Substrate concentration curve (O_2 uptake for 10, 20, 30 min (μl). 10 mg. dry mycelium).

なお，これらの各 pH と本菌々糸の酸素吸収量の関係は両培地に於ける菌糸の生育と pH の関係[4] に略一致するようである。

3　至適糖濃度　両培養液中の糖濃度と本菌々糸の呼吸との関係を知るため Glucose を添加して 0，2，4，6 及び 8 %とし，基質 pH 5.5 に於ける酸素吸収量を測定した結果を第 4 図に示す。

即ち馬鈴薯煎汁では各糖濃度に於ける酸素吸収量の変化は比較的少ないが，Glucose 添加 4 %で最大の酸素吸収を示した。これに対し WAKSMAN 液では Glucose 濃度 2 %で最大酸素吸収を示し，4 %濃度で一旦減少するが，6 %Glucose 濃度で再び呼吸量は増加の傾向を示した。なお両培養液を基質とした場合に最大酸素吸収量を示した糖濃度はそれぞれ本菌々糸の生育の至適糖濃度と大体一致するようである。

4　本菌々糸の呼吸率（R.Q.）と基質pHの関係　両培養液を基質としそのpHの変化に対する本菌々糸の R.Q. を測定した結果を第1，2表に示す。なお菌体乾燥重量1mg 当の R. Q. を示した。

即ち，馬鈴薯煎汁を基質とした場合，菌糸の R. Q. は各 pH に於て大体 1 に等しいか又これよりやや大なる価を示した。これに対して WAKSMAN 液では pH 3 ～ 7 の範囲内では各 pH において R.Q.<1 なる価を示した。又 pH の増大に伴つ

てR.Q.は増加の傾向を示しpH7.0に於てR.Q.＝0.82を示した。

第1表　馬鈴薯煎汁のpHと呼吸率の関係

Table 1　Relation between the mycelial respiratory quotient (R.Q.) and pH value of potato decoction.
(R.Q. 60min. 1 mg. dry mycelium).

馬鈴薯煎汁　主室 基質1.5cc 緩衝液1.5cc　副室 10%KOH 0.2cc　反応時間 60分

pH value	O_2 uptake (μl)	CO_2 evolution (μl)	R. Q.
4.0	1.897	1.799	0.94
5.0	1.025	1.799	1.15
6.0	0.210	0.222	1.05
7.0	0.104	0.080	1.30

第2表　WAKSMAN液のpHと呼吸率の関係

Table 2　Relation between the mycelial respiratory quotient (R.Q.) and pH value of WAKSMAN's solution.
(R. Q. 60min. 1mg. dry mycelium).

WAKSMAN液　主室 基質1.5cc 緩衝液1.5cc　副室 10%KOH 0.2cc　反応時間 60分

pH value	O_2 uptake (μl)	CO_2 evolution (μl)	R. Q.
3.0	0.444	0.258	0.5
4.0	1.299	1.460	0.5
5.0	0.933	0.365	0.4
6.0	0.689	0.810	0.85
7.0	0.268	0.221	0.82

第3表　馬鈴薯煎汁添加糖濃度と呼吸率の関係

Table 3　Relation between the mycelial respiratory quotient (R. Q.) and glucose concentration of potato decoction.
(R. Q. 60 min. 1 mg. dry mycelium).

馬鈴薯煎汁　主室 基質1.5cc 緩衝液1.5cc　副室 10%KOH 0.2cc　反応時間 60分

Glucose(%)	O_2 uptake (μl)	CO_2 evolution (μl)	R. Q.
0	3.85	3.91	1.02
1	2.95	3.08	1.04
2	5.62	5.60	1.00
4	2.08	2.17	1.03
6	1.46	1.45	0.99

5．本菌々糸のR.Q.と糖濃度との関係　両培養液中の糖濃度を変化し，これを基質とする本菌々糸のR.Q.を測定した結果を第3，4表に示す。なお測定は基質中のGlucose濃度0，1，2，4，6％，pH 5.7に於いて実施した。

第4表　WAKSMAN液の糖濃度と呼吸率の関係

Table 4　Relation between the mycelial respiratory quotient (R.Q.) and glucose concentration of WAKSMAN's solution.
(R. Q. 60 min. 1mg. dry mycelium).

WAKSMAN液　主室 基質1.5cc 緩衝液1.5cc　副室 10%KOH 0.2cc　反応時間 60分

Glucose(%)	O_2 uptake (μl)	CO_2 evolution (μl)	R. Q.
0	2.61	2.33	0.89
1	2.09	2.02	0.96
2	2.85	2.54	0.89
4	2.96	3.08	1.05
6	2.22	2.40	1.08

即ち，馬鈴薯煎汁を基質とした場合，使用した糖濃度の範囲ではR.Q.は大体1に等しい。一方WAKSMAN液では糖含量の低い0，1，2％ではR.Q.＜1なる価も示し，4及び6％ではR.Q.≒1である。

6．呼吸阻害剤の影響　呼吸阻害剤として青酸加里を用い，両培養液を基としたときの菌糸の呼吸を測定し第5表に示す如き結果が得られた。

第5表　KCN (1/2000mol) に依る呼吸阻害度(%)

Table 5　Effect of potassium cyanid (1/2000 mol) on oxidase activity.

Glucose 5%	Potato decoction	WAKSMAN's solution
0	79.4%	66%
2	73.4%	80%
4	—	77%

即ち馬鈴薯煎汁では糖添加濃度0.2％で略75％内外の呼吸阻害を示し，一方WAKSMAN液では糖濃度0％で阻害度は比較的低いが，糖含量の増大に伴つて増加する傾向が認められ，2％糖濃度では80％の阻害がみられた。

IV 考 察

本実験に供した馬鈴薯煎汁及び WAKSMAN液培養基に於ける本菌々糸の生育上の相異はすでに述べた通りであるが，本実験の培養条件は培養基質以外はすべて全く同様に行つたのであるから，当然本菌がそれぞれの培養基から利用する基質の量的質的の差異によつて菌糸生育もそれぞれ差を生ずるものと考えられる。

ZSCHEILE (1951)[11] は *Tilletia Caries* 菌で培養基質によつては培養基質内菌糸の生育を良好にする。すなわち L-Glutamic acid, L-Arginine 等数種のアミノ酸がこれを促進することを認めた。本菌の WAKSMAN 培地に於ける基質内菌糸の生育促進が，培地構成基質のうち，どの成分によるかは現在不明であり，更に今後の実験を要する。

照井 (1953～4)[9,10] は，培養基質内潜入菌糸の良好な生育が認められる紫紋羽病菌は空中菌糸の生育が良好である白紋羽病菌に比し，無酸素の状態に可なり長時間耐えることを報告した。

本実験に於ても同様に潜入菌糸の生育良好な WAKSMAN 培地では無酸素状態でも菌糸は僅かに生育が認められ，一方馬鈴薯煎汁培地では全く認められない。この結果は照井の結果と一致するように考えられる。

次にこれらの培養液を呼吸基質としたときの本菌々糸の呼吸測定結果よりみると，先ず両培養基の主要呼吸基質である Glucose は他の糖類に比して本菌の呼吸基質として良好であることが認められ，Glycerin がこれに続く。Sucrose は測定初期には，その酸化能は低いが，これは Sucrose はいつたん 6 炭糖に変じた後呼吸材料に用いられる為と考えられる。これらの各種糖に対する酸化能測定の結果より，一般に本菌の呼吸基質として良好なる糖類は，大体本菌の構成材料としても優れているようである。

又馬鈴薯煎汁及び WAKSMAN氏培養液を呼吸基質としたとき，基質の水素イオン濃度は共に5.0で最大酸化能を示し，又それぞれの至適 pH曲線は培養基に於けるそれと略同様の傾向を示した。

これは大谷 (1954)[4] が稲熱菌で同様のことを報告した。又基質の Glucose 量は前者では糖添加量 4 %で，後者では糖含量 2 %でそれぞれ最大呼吸量を示すが，後者では 4 %でいつたん低下した酸化能が 6 %で再び増加するが，これは糖含量の増加は本菌々糸の含鉄呼吸酸素の活性化を促すことによるのではないかと考えられる。

又これらの培養液を呼吸基質としたときの本菌々糸の R. Q. は馬鈴薯煎汁では R. Q. ≒ 2 であり WAKSMAN氏液では R.Q. < 1 を示すが，これは本菌が呼吸基質として用いる種類が幾分異ることを示すように考えられるが，このような R. Q. が示される原因については現在のところ明らかでない。これに関しては目下研究を進めている。なお糖含量の増大は後者の R. Q. を増加する傾向を示すがこれは呼吸基質を主として糖にあおぐようになる経過を示すように考えられる。

本菌々糸の生育範囲の各 pH によつては R. Q. の変換は認められないが，pH 価の増大に伴い R. Q. が増加する傾向が認められた。

又本菌は青酸加里 1/2,000mol 濃度で大部分の呼吸は阻害される。阻害度は培養基質内の糖濃度に依つて変化するが，馬鈴薯煎汁では75％内外，WAKSMAN 氏液では約80％の呼吸阻害を示した。田宮 (1942)[8] *Aspergillus oryzae* の潜入菌糸の酵素系は空中菌糸のそれに比し青酸によつて容易に阻害されることを報告したが，本結果に一致する。以上のことは本菌の呼吸の大部分がチトクローム系の酸化酵素によつて行われることを示すと考える。しかし WAKSMAN 氏液の糖無添加の場合の呼吸阻害度は含糖基質の場合に比し可なり低いことより，疫病菌はチトクローム系以外に別の呼吸系を所有することが推定される。

V 摘 要

1) 馬鈴薯疫病菌を馬鈴薯煎汁及び WAKSMAN 氏液に培養し，菌糸の生育状況及びそれぞれを呼吸基質とした場合の呼吸作用に就いて比較検討を行つた。

2) 馬鈴薯煎汁並びに WAKSMAN 氏の液体及び寒天培地に生育した菌糸は，前者では空中菌糸

は基質内潜入菌糸に比し良好な生育を示すが，後者は反対に潜入菌糸の発育は良く，空中菌糸の生育は極めて不良である。

3)　本菌の呼吸材料として Glucose, Glycerin が良好である。その他 Fructose, Galactose が呼吸基質としてよい。

4)　本菌の呼吸は馬鈴薯煎汁基質では pH 5.0 糖添加量濃度 4％で，又 WAKSMAN 氏液では pH 5.0，糖濃度 2％でそれぞれ最大量を示した。

5)　本菌の呼吸率は馬鈴薯煎汁ではほぼ1に等しく，WAKSMAN氏液では1より少さいが，糖の増加に伴つて増大して略1に等しくなつた。

6)　本菌の呼吸は青酸加里濃度 1/2000 mol でその大部分が阻害され，前者では75％，後者では80％の阻害度を示し，本菌の呼吸の大部分はチトクローム系酸化酵素によつて行われると考えられる。

7)　本菌は馬鈴薯煎汁培地では主として糖類を又 WAKSMAN 氏培地では糖類及び糖以外の基質をそれぞれ呼吸基質として用いるように考えられる。

文　献

1. BARNETT, H. L and V. G. LILLY, (1950): Phytop., 40, 80～89.
2. 伝研学友会 (1952)：細菌学実習提要, 97.
3. HENRY, W. B. and A. L. ANDERSEN, (1948): Phytop., 38, 265～278.
4. 大谷吉雄 (1954)：日·植·病·報·, 18, 150.
5. 酒井隆太郎 (1955)：北·農·試·彙報, 68, 63～66.
6. ―――― (1955)：日·植·病·報·, 19, 141～145.
7. SNIESZKO, S. F., J. B., CARPENTER, E. P. LOWE and J. G. JACOB, (1947): Phytop., 37, 635～649.
8. TAMIYA, H. (1943): Advance in Enzymology, 2, 183～238.
9. 照井陸奥生 (1953)：日·植·病·報·, 18, 141～145.
10. ―――― (1954)：日·植·病·報·, 18, 190.
11. ZSCHEILE, F. P, (1951): Phytop., 41, 1115～1124.

Résumé

The purpose of the present experiments is to make clear the relation between the respiration and mycelial growth of *Phytophthora infestans* in potato decoction and in WAKSMAN'S solution. The following was adopted as the constitution of the standard nutrient solution for these experiments. Potato decoction: potato 200g, glucose 30g and distilled water 1000cc. WAKSMAN'S solution: pepton 5g, monopotassium phosphate 1g, magnesium sulphate 0.5g, glucose 10g and distilled water 1000cc.

The results obtained may be summarized as follows:

1. The effects of these media on the growth of the fungus are tested. Potato decoction is better adapted for the development of aerial mycelium, whereas the growth of submerged mycelium is dominant in WAKSMAN'S solution in contrast to the growth of aerial mycelium.

2. As a source of energy, the fungus utilizes glucose and glycerin more efficiently than the other energy sources.

3. The rate of O_2 consumption is maximum at pH 5.0 in 4％ glucose in potato decoction and at pH 5.0 in 2％ glucose in WAKSMAN'S solution.

4. The respiratory quotient of the fungus are ca. 1 in potato decoction and in WAKSMAN'S solution it is ca. 0.5, approaching 1.0 as sugar content in the solution increases.

5. The percentage of inhibition of respiration by 1/2000 mol of cyanid is 75％ in potato decoction and 80％ in WAKSMAN'S solution. It seems that the respiration of the fungus depends largely upon the cytochrome oxidase system.

果樹に寄生するハダニ類の年間世代数について

西 尾 美 明* 今 林 俊 一

ÜBER DIE ANZAHL DER IN EINEM JAHR AN OBSTBÄUMEN AUFTRETENDEN GENERATIONEN VON SPINNMILBEN

Von Yoshiaki NISHIO und Shun-ichi IMABAYASHI

I 緒　　言

筆者の一人西尾はさきに北海道においてリンゴに寄生するハダニの種類を報告したが，そのうちで各ハダニの年間世代数に言及し，リンゴハダニは5世代，オウトウハダニは4～5世代，クローバーハダニは1世代であると記述した。これは1953年の室内飼育及び野外発生消長調査の結果より考察したものである。1954年も引続き筆者らは同様の調査を行つたが年間世代数についてはほぼ同じ結果を得，札幌附近に於ける上述3種の年間世代数を考察するに足る資材を得たと考えるのでここに両年の調査結果を報告する。

なお御指導を戴いた桑山覚博士，桜井清技官並びに種々の調査上の援助を得た園芸研究室の各位に深謝の意を表する。

II 材料及び方法

A）室内飼育法

ハダニ類の室内飼育は困難であり，飼育法の巧拙は調査結果に著しく影響する。このため種々の飼育法が考案されており，その中でも NEWCOMER and YOTHER (1929) や CAGLE (1946) の用いた方法は優れたものと考えるが筆者らは次のようにペトリー皿で飼育を行つた。

直径 89mm，高さ20mm のペトリー皿の中に直径 58mm，高さ15mmのペトリー皿を入れ両者の間にはハダニの逃亡を防ぐため水を入れた。過湿状態を防ぐため蓋は全く用いなかつた。小形ペトリー皿の中に1枚の葉を入れこの葉にハダニを放飼し，葉柄の先端を水で湿した脱脂綿で捲き急激な乾燥を防いだ。葉は毎日又は隔日に新葉と取替えたが新葉は予め拡大鏡でハダニの成幼虫及び卵の有無をよく調査し，これらが附着している場合はすべて取除いて用いた。

B）調　査　法

成虫及び幼虫　飼育したリンゴハダニは4月下旬果樹園の1本のリンゴ「国光」から越冬卵を採集し，又オウトウハダニはオウトウ「北光」から越冬虫を採集し，その後，秋まで連続飼育を行つたもので，期間中個体の追補は行わなかつた。ハダニの取扱いは毛筆を使用し放飼した容器に夫々番号をつけて各個体を区別し，各個体毎に卵，幼虫，成虫の各期間，休眠日数等を記録した。1枚の葉には♀と共に必ず♂を入れ単性生殖の機会を少なくし，産卵が行われると卵の周囲にインクで丸印をつけ見易いようにした。観察は4月下旬より11月中旬まで毎日行つたが，7月中旬以降は越冬卵の産卵時期を知るために葉と共に小枝を入れた。環境が不適当であればハダニは葉上やガラス面を歩き廻り，時には糸を出すことがあり，特に成虫にこの傾向が顕著であつた。筆者らはリンゴハダニとオウトウハダニをこの方法で飼育できたが，クローバーハダニは容器中を匐い廻つて落着かず，周囲の水中に落ちて死ぬものが多く飼育は不可能であつた。

* 病理昆虫部害虫研究室

リンゴハダニの越冬卵と夏卵　リンゴハダニの越冬卵と夏卵は大きさ，形，色彩等が異り，札幌附近のものでもこれらの差異があることはさきに報告した[6]。しかしこの両者は共に小形であるため野外調査の際，肉眼で形態的特徴により多数のものを区別することは困難である。ただこの両者は産み付けられる場所が異り，越冬卵は小枝や樹幹に，夏卵は葉に産まれるので調査に於いて筆者らは越冬卵と夏卵を産み付けられた場所によつて区別した。もちろん例外も見出され，1953年8月下旬には飼育器中の小枝に産まれた卵のうち2個が孵化し，又野外でも葉に産み付けられた卵で年内に孵化しないものが少数ながら存在するのを両年共に観察している。これらの少数の卵はその性質が不明なので調査より除外した。

Ⅲ　調査結果

A　リンゴハダニ *Metatetranychus ulmi* KOCH

越冬卵の孵化時期　4月下旬，果樹園の薬剤無撒布樹から越冬卵の附着した小枝を採集し，室内の大形ペトリー皿に入れ，孵化時期の調査を行つたが，その結果を第1表に掲げた。調査は毎日午前中に行つたので，午後に孵化した幼虫は翌日数えられている。両年共に大部分の越冬卵は5月10日過ぎから20日の間に孵えり，その後ほぼ毎日少数のものが6月初めまで孵化した。両年の孵化状態はやや異り，1953年には5月14～15日の2日間に半数以上の越冬卵が孵化し，その後の孵化率は急激に落ちているが，1954年の孵化状態はこれに比べて緩漫であつた。なお1954年には連続飼育を行うため採集した越冬卵のうち，最も晩いものの孵化は6月10日に観察された。果樹園で観察された孵化初日は両年共に飼育した場合より1日早く又1954年には札幌市中の島では5月8日，近郊平岸村では5月12日に夫々孵化初日が観察されている。野外に於ては越冬卵から孵化した第1齢幼虫は活潑で直ちに上方に歩行し新芽に到達して吸収を開始する。飼育器内では孵化後，芽に到達出来ない幼虫の殆ど全部が糸を出しこれに附着しているのが観察されたが，野外でも糸で枝から垂れ下つている第1齢幼虫がかなり観察され，特に越冬

第1表　リンゴハダニ越冬卵の孵化時期

Tabbele 1　Das Schlupfdatum der Überwinterei von *Metatetranychus ulmi* KOCH.

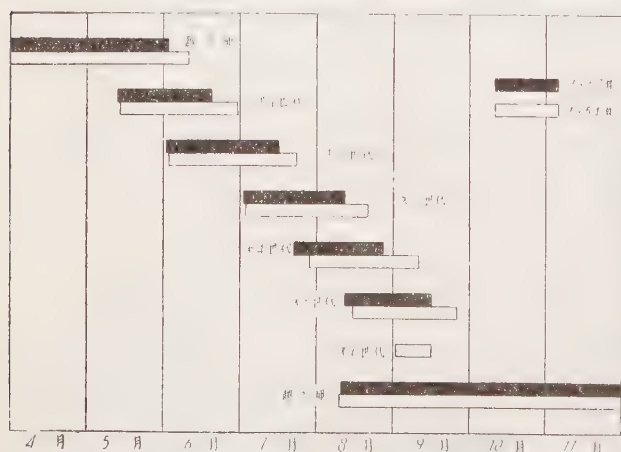
昭和28年（1953）月日	孵化数	比率	昭和29年（1954）月日	孵化数	比率
Ⅴ. 9	0		Ⅴ. 9	0	
10	0		10	0	
11	0		11	0	
12	17	0.4	12	0	
13	201	4.4	13	22	2.0
14	2289	50.0	14	95	8.8
15	706	15.4	15	106	9.7
16	365	7.1	16	76	6.9
17	201	4.4	17	77	7.1
18	184	4.0	18	181	16.7
19	238	5.2	19	213	19.6
20	169	3.1	20	168	15.5
21	111	2.4	21	57	5.3
22	39	0.9	22	34	3.1
23	5		23	17	1.6
24	8		24	10	0.9
25	12	0.3	25	4	
26	9		26～27	17	1.6
27	3				
28	5		28	4	
29	3		29	2	
30	3		30～31	3	
31～Ⅵ. 1	5				
			Ⅵ. 1	0	
2	1		2	1	
3	1		3	0	
4	0		4	0	
5	2		5	0	
6	0				
7	0				
合計	4577		合計	1087	

卵の多数附着している木ほどこのような幼虫が多く見られた。なお全く孵化せずに終る越冬卵も少なくないが，これらの卵はやがて褪色して透明となり夏季には卵殻だけが残る。又前年秋に切落されて春には全く枯死状態の小枝に附着している越冬卵からも多数の幼虫が同時期に孵化したが，これらの幼虫の殆ど全部が糸を出しているのも観察している。

BLAIR & GROVES[1] (1952) によれば孵化開始は

果樹園の位置，4月中及び5月初旬の気象状態，3～4月に使用した薬剤の種類等によつて異り，薬剤無撒布の果樹園は孵化初日が早く，高地の吹きさらしの果樹園では遅いと云う。

室内飼育による年間世代数及びその期間 この種は繁殖力が極めて旺盛であり，好適な環境条件の下では個体数が著しく増加する。その要因として若干の環境因子が考えられるが，そのうち，(1)年間世代数，(2) 捕食虫の多少及びその活動状態，(3) 天候状態，(4) 使用薬剤の種類及び撒布法，(5) ハダニの分散方法等が特に関係の深いものとされている[1]。これらの要因は或る時は単独に又或る時は複合して働いていると考えられるが，各要因がどのようにハダニ数の増減に関係しているかは今後の調査に俟つところが多い。ただこのうち年間世代数については世代数が多いほど発生量も多く，従つて加害も大きいことが考えられる。室内飼育によつて確かめ得た年間世代数及びその期間を第1図に示した。各世代期間は最初の卵が産まれてから最後の成虫が死亡又は行方不明になるまでの期間としたが，第1世代の場合は越冬卵が初めて孵化した日を初めとした。飼育したすべてのハダニを死亡する日まで完全に管理することは困難で，飼育中行方の判らなくなつたハダニも若干あつた。世代の最後の成虫の行方不明になつた場合はその日をその世代の最終日としたので実際の最終日より数日早く終つている世代もある。第1図に見るように両年とも第5世代成虫まで飼育することが出来た。ただ1954年には第5世代虫によつて9月2日葉に産まれた3個の卵が9月12日に孵化した。しかしこれらの第6世代第1齢幼虫は9月15日，3頭とも行方が判らなくなり，その後の成育は確かめることが出来なかつた。第5世代虫によつて産まれたその他の卵は全く孵化しないのでこれらは越冬卵と考えている。1953年はいずれの時期にも葉上で3世代が重複することがなかつたが，1954年の各世代期間は前年より長く8月14日～20日，9月2日～10日の間に3世代が重複した。1954年には越冬卵の最後の孵化は6月10日であつたが，6月3日以降産卵された第2世代卵の卵期間が意外に長く6月21日初めて孵化したので幼虫の重複は前年同様起らなかつた。南イングランドでは第2世代卵の初めのものが，晩く孵化する越冬卵より早く孵えることがあり，6月上旬から第1世代幼虫と第2世代虫が葉に重複して生存すると云う[1]。

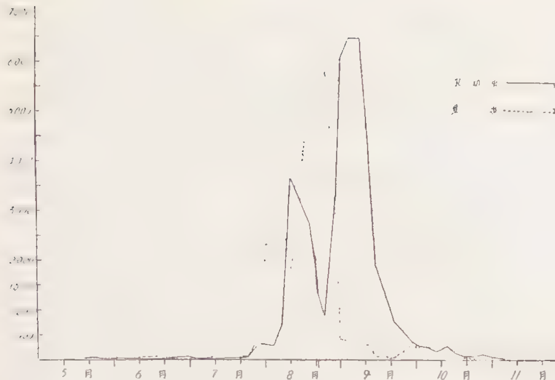


第1図 リンゴハダニの年間世代数及びその期間

Abb. 1 Graphische Darstellung der Generationanzahl und -dauer von *Metatetranychus uimi* Koch.

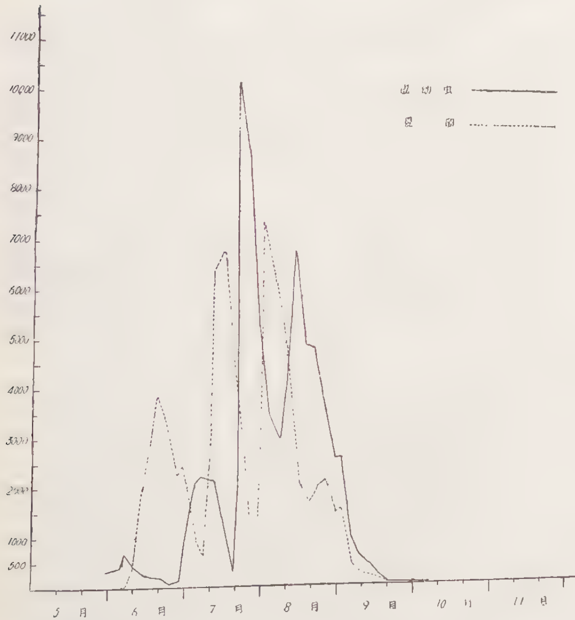
以上両年の飼育結果より，札幌附近の果樹園における本種の年間世代数は通常5世代又はそれに近い世代数であろうと考えられる。

野外発生消長 5月中旬から11月中旬まで毎週2回，薬剤無撒布樹から任意に20葉をとり，附着している夏卵及び成幼虫数を調査したが，その結果を第2図及び第3図に示した。これによれば第1世代虫が孵化して後11月中旬まで何れの時期にも葉に夏卵及び成幼虫が存在していることが判る。1954年の発生量は前年のそれに比べてかなり多いが，これは調査樹が1953，1954の両年間全く無防除であつためたと考えている。両年共に夏卵と成幼虫のはつきりした山が季節的に交互に表われており，これは各世代の発生消長を示しているものと考える。ただ両年の発生消長はやや異り，1953年には9月10日頃最も多くのハダニが現われているが，この年は札幌附近，余市附近，江



第2図　リンゴハダニ発生消長（1953）
北海道農業試験場果樹園（品種「国光」）

Abb. 2　Graphische Darstellung der Anzahl der Milbe und Sommerei von *Metatetranychus ulmi* KOCH per 20 Blätter im Jahre 1953.



第3図　リンゴハダニ発生消長（1954）
北海道農業試験果樹園（「品種「国光」）

Abb. 3　Graphische Darstellung der Anzahl der Milbe und Sommerei von *Metatetranychus ulmi* KOCH per 20 Blätter im Jahre 1954.

部乙附近等の果樹業者の間でハダニの発生が例年と異り，思いがけなく秋季になつて大発生をしたと云われた年である。

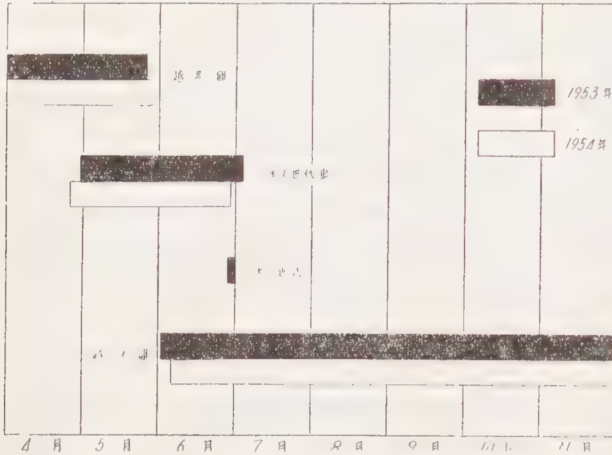
本調査結果においても第4世代虫の発生が多く札幌附近その他の一般果樹園に於ける発生消長と一致している。1954年は7月下旬に最も発生量が多かつたがこの傾向は札幌附近では例年の傾向と云われている。

両年ともに夏卵及び成幼虫のはつきりした山が夫々4回現われており，室内飼育の生育状態と野外のそれとは比較的よく一致し，野外調査においても大体の世代の移行を知ることが出来た。即ち野外に於ても大部分の年間世代数は室内飼育同様5世代であるのを観察によつて確かめている。世代数が5世代であるのに，成幼虫の発生の山は4回より現われていないが，これは第5世代成虫の殆ど全部が越冬卵の産卵のため葉を離れて枝に移行するため，葉上のハダニ数はきわめて少なくなるためである。更に又被害の甚だしい木ではハダニが他の木に分散することが知られているが，調査樹は前述のように両年間全く無防除であつたため被害が甚だしく第4世代虫及び第5世代虫が分散し，特に後者の分散が著しかつた。このように野外発生消長調査の際，第5世代の卵及び成幼虫の山が現われ難いことはイギリスでも報告されている[1]。

なお青森県[4]では第1齢成幼虫が葉に多く観察される時期の回数によつて，又長野県[3]では葉に附着している卵数及び成幼虫の山の数によつてそれぞれ年間世代数を推定しているが，以上のような点よりしてこれらの方法が必ずしも適切であるとは考えられない。

B　クローバーハダニ *Bryobia praetiosa* KOCH

野外観察によるオウトウ上に生活する本種の年間世代数及びその期間は第4図に示した。観察は葉及び樹皮にについて毎日行い，世代期間は越冬卵の孵化が初めて観察された日を初まりとし，生虫が観察された最後の日を終りとしたが両年の世代数及びその期間は略一致する。1953年は6月末に数頭の第1齢幼虫が樹皮上で発見されたが，これはこの年に産まれた卵の1部が孵つたものと思われる。これらの幼虫は数日後に見られなくなり2齢虫以降のものは全く発見されなかつた。1954年の孵化時期は前年より数日早く，又成虫も前年より早く6月中に完全に消失し，第2世代虫は全



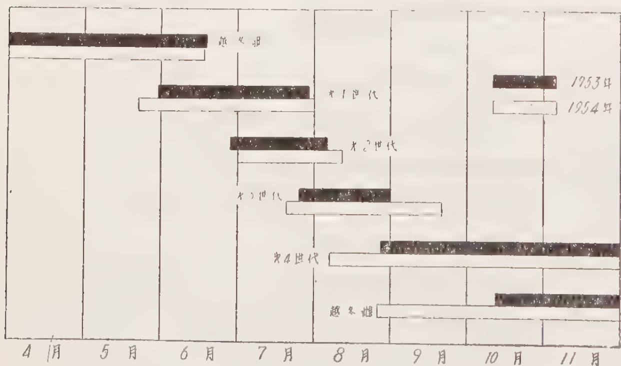
第4図 クローバーハダニの年間世代数及びその期間

Abb. 4 Graphische Darstellung der Generationanzahl und -dauer von *Bryobia praetiosa* KOCH.

く発見されなかつた。これよりして筆者らはオウトウ上に生活する本種の年間世代数は1世代であると考える。越冬卵の孵化は4月下半旬に初まり5月中旬には第1齢虫，第2齢虫が多く又未孵化卵もかなり存在する。成虫は5月20日前後より現われ5月下旬より6月中旬の間，葉上及び樹幹に多いが6月下旬には成虫の死体が多く見出されその後成虫は急激に減少する。本種の生活史は複雑で地域や寄主植物によつて著しい差異があることをさきに報告したが[6)] その後1954年2月24日，琴似町の家屋内で越冬成虫を数頭発見し，又同年8月7日，胆振国安平村農林省胆振馬鈴薯原々種農場温室内で馬鈴薯に寄生している成幼虫をも観察した。しかし1954年の観察によつても札幌附近その他で最も多く本種の成幼虫が発見されるのは5月上旬～6月下旬であり，従つて本種の出現期は大体この時期であろうと考えている。当農業試験場果樹園では本種はオウトウに極めて多く，リンゴには少ないが，リンゴに発見される期間はオウトウ同様5～6月である。北米カリフオルニアでは本種の寄生期間がハタンキヨウ，モモ，オウトウ等によつてそれぞれ異ると云う。[9)]

C オウトウハダニ *Tetranychus pacificus* McGREGOR

本種の室内飼育による年間世代数及びその期間は第5図に示した。各世代期間は最初の卵が産まれた日を初まりとし，最後の成虫が死亡又は消失した日を終りとしたが，両年共に第4世代虫の大部分及び第5世代虫が越冬した。第4世代虫の1部が第5世代卵を産んだがこれらの年はすべて死亡し越冬しなかつた。図に見るように1954年の各世代期間は前年の世代期間よりかなり長く，殊に第5世代が前年より50日近く現われているがこれらの差が何に基くものであるかは不明である。野外に於ける本種の年間世代数はかなり変化があるようで，果樹園での観察によれば被害の甚だしい木ほど♀が早く樹幹に集り越冬態勢に入る。1954年は本種の発生が多く殊にオウトウが甚だしい被害を受けたが，筆者らは7月初め既に多数の♀が樹幹に集合していた木を数本観察した。これらの♀はそのまま夏を送り越冬♀となつた。かような場合は第2世代虫の一部又は第3世代虫が越冬することも考えられる。



第5図 オウトウハダニの年間世代数及びその期間

Abb. 5 Graphische Darstellung der Generationanzahl und-dauer von *Tetranychus pacificus* McGREGOR.

本種の寄主植物としてリンゴ及びオウトウを報告したが，その後更にナシ（日高国平取村，渡島国大野村），モモ（北海道農業試験場果樹園），スモモ（札幌郡豊平町平岸）を寄主として確かめることが出来た。札幌附近のリンゴ樹には夏季本種とリンゴハダニが混棲している

のが普通であるが，本種だけの寄生を受けた木も時には発見される。

IV 摘　　要

1. 1953年及び1954年，室内飼育によつてリンゴハダニ及びオウトウハダニの年間世代数を調査したが，リンゴハダニは5世代，オウトウハダニは4又は5世代であつた。

2. 北海道農業試験場果樹園での野外観察によればオウトウに寄生するクローバーハダニの年間世代数は1世代である。

3. 同果樹園内の薬剤無撒布の1本の樹を選びリンゴハダニの発生消長を調査したが，年間世代数は室内飼育同様5世代であるのを観察した。

4. 葉に附着しているリンゴハダニの夏卵数及び成幼虫数を調査して現わされる発生消長の山は必ずしも年間世代数と一致しない。これは夏の終りから秋にかけてハダニ特に成虫♀が分散すること及び越冬卵の産卵のため葉を離れること等に因る。

5. オウトウハダニの野外に於ける世代数は寄主の状態によつて変化があり，被害の甚だしい場合は7月初めから多数の♀が越冬態勢に入る。

文　　献

1. Blair, C. A. and Groves, J. R. (1952) : Biology of the Fruit red spider mite, *Metateranychus ulmi* (Koch) in south-east England. Jour, Hortic. Sci., vol. 27 pp. 14～43.
2. Cagle, L. R. (1946) : Life history of the European red mite. Va. Agric. Exp. Sta. Tech. Bull., No. 113.
3. 広瀬健吉・牧千恵 (1954) : リンゴハダニの発生消長について，応用動物学会日本応用昆虫学会合同大会講演要旨，S. 7.
4. 木村甚彌 (1951) : リンゴアカダニの防除策と新農薬，青森県りんご協会叢書第15号.
5. Newcomer, E. J. and Yother, M. A. (1929) : Biolcgy of the European red mite in the Pacific Northwest. Tech. Bull. U. S. Dept. Agric., No. 89.
6. 西尾美明 (1954): リンゴに寄生する4種のハダニ，応用昆虫，Bd, 10. S. 29～35.
7. 西尾美明・今林俊一 (1954) : リンゴハダニの生活史（講演要旨）札幌農林学会報．Bd. 34, Nr. 4, S. 45～46.
8. ―――・――――― (1954) : 果樹及び蔬菜に寄生するハダニ類とその防除，北農，Bd. 21, S. 375～381.
9. Summers, P. M. (1950) : Brown almond mites. Calif. Agric. Vol. 4, No. 7, P. 6.

Résumé

Dieser Bericht ist ein Versuch das Auftreten der Spinnmilben, insbesondere der Obstspinnmilben, an gepflegten Obstbäumen zu erklären.

In den Jahren 1953 und 1954 wurden Laboratoriums- und Freiland-Versuche gemacht, um die jährliche Anzahl der Generationen von *Metatranychus ulmi*, *Bryobia praetiosa* und *Tetranychus pacificus* ze ermitteln. Die Ergebnisse waren folgende :

1) In einem Jahr wurden in Laboratoriums-Züchtversuchen 5 Generationen von *Metatetranychus nlmi* und 4 bis 5 Generationen von *Tetranychus pacificus* erzielt. Überwinternde Eier der Obstspinnmilben wurden meist von den Weibchen der fünften Generation und seltener von denen der dritten oder der vierten Generation an Zweigen abgelegt. Die Weibchen der vierten und fünften Generation von *T. pacificus* entwickeln sich schon im Spätsommer zum Imago, bleiben aber bis zum nächsten Frühjahr unbeweglich an der Rinde.

2) Im freien Feld überwintert *Bryobia praetiosa* an Kirschen in Form roter Eier, aus denen Ende April die ersten Larven schlüpfen. Larven und Imagines sind sehr häufig im Frühsommer anzutreffen, aber schon Ende Juni hatte die Zahl der lebenden Imagines stark ab-

genommen.

3) Auf Grund unserer Beobachtungen waren im Freiland jährlich meistens 5 Generationen von *Metatetranychus ulmi* festzustellen, dieselbe Anzahl wie im Laboratoriumsversuch. Was *Tetranychus pacificus* anbelangt, hängt die Anzahl seiner Generationen vom Ernährugszustand der Wirtspflanzen ab. An schwer beschädigten Bäumen verkriechen sie sich schon im Mittsommer in Rindenspalten.

イソアミルガレート（商品名リントン、リントンC）のバターに對する酸化防止について

西原雄二* 西部慎三* 平尾厚司*

ON THE PREVENTIVE EFFECT OF ISOAMYL GALLATE ("LINTON" AND "LINTON C") FOR THE OXIDATION OF BUTTER FATS

By Yuji NISHIHARA, Shinzo NISHIBE & Atsushi HIRAO

緒　　言

バター，ベーコン及び乾燥肉等畜産食品の酸化防止対策は栄養上並びに商品価値の両面から要望せられて来たところであつて，昭和28年3月には厚生省令第9号により数種の酸化防止剤の許可があり，油脂の酸化防止の重要性が認識せられて来ている。一方酸化防止剤の検索，合成等の研究は田村，大島，富山等により試みられているが，筆者らは実際応用面より新しく公認せられた酸化防止剤イソアミルガレート（商品名リントン）のバター脂肪に対する酸化防止効果について試験したので報告する。

I 基礎試験

a) 供試材料

供試バター脂肪は当場産の新鮮なバターを使用した。本供試バターの性状を示すと第1表の如くである。酸化防止剤は吉富製薬株式会社製のリントン及びリントンCを使用した。

第1表　供試バターの性状

Table 1 Characteristics of the sampled butter fats.

融　点	沃素価	鹼化価
33.5	33.22	220.38

b) 實驗方法

温度65°Cにて溶融脱水せるバターを対照区，0.02％リントン添加区及び0.02％リントンC添加区の3区に分け，各区共高さ1cm，内径6cmのペトリー皿に3個宛分注し，温度35°C±0.5°Cのガラス張り恒温器中に47日間放置し，重量の変化，過酸化物価，酸価及び色の変化等を測定観察した。本実験に於ける供試バター脂肪の融点，沃素価，鹼化価及び過酸化物価はそれぞれ次の方法によつて測定した。

1) 融　点：毛細管法
2) 沃素価：HÜBL 氏法
3) 鹼化価：常　法
4) 酸　価：油脂1g中に含有する総遊離酸の中和に要するKOHのmg数として表示
5) 過酸化物価：ヨード滴定法により測定し，試料1kg中の活性酸素量として表示

c) 實驗成績

実験成績はいずれも3回の平均値を示す。

1) 重量の変化　35°Cの恒温器中に設置し，3日毎にその重量を測定せる結果は第2表及び第1図に示すとおりである。対照区は47日後にその重量は35mg程度の増加を見たが，リントン及びリントンC添加区では殆ど重量の変化は認められなかつた。

2) 肉眼的変化　肉眼的に顕著な変化の一つに褪

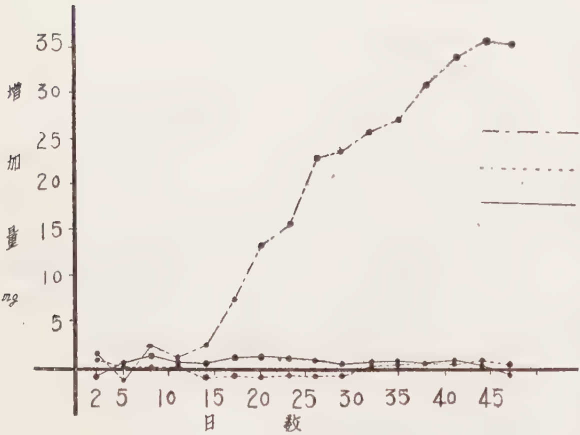
* 畜産部畜産加工研究室

第 2 表 リントン及びリントンCのバター脂肪の重量に及ぼす影響

Table 2 Effects of Linton and Linton C on the weight of butter fats which were kept on 35°C for 47 days.

区別		供試重量	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47
対照区	重量	2.6705	+1.5	−0.1	+2.5	+1.4	+2.5	+7.5	13.3	15.5	27.7	23.4	25.5	28.8	+30.9	+33.7	+35.7	+35.5
	色	+	+	−	−	−	−	−	−	−		−	−	−	−	−	−	
リントン添加区	重量	2.4099	+0.8	±0.0	±0.0	±0.0	−0.9	−0.5	−0.7	−0.2	−0.4	−0.4	+0.1	+0.3	+0.5	+0.4	+0.8	+0.3
	色	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
リントンC添加区	重量	2.3478	−0.8	+0.4	+1.4	+0.7	+0.6	+1.3	+1.4	+1.2	+0.9	+0.4	+0.9	+0.8	+0.5	+0.7	+0.1	−0.1
	色	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

備考 （−）はバターの黄色が褪色したことを示す。
（+）は変化のないことを示す。



第 1 図 第2表よりの図

Fig. 1 Figure from Table 2.

色が認められた。即ち第2表に示したようにバター特有の黄色は対照区に於て，5～7日目に褪色し透明となつたが，リントン及びリントンC添加区は47日後に於てもなおこれ等の変化を認めなかつた。

3) **過酸化物価** 47日後その過酸化物価を測定せる結果は第3表に示すとおりであつた。即ち対照区に於ては1kg中の活性酸素量として，35mg 程度の増加を示したが，リントン及びリントンC添加区に於ては対照区の 1/3～1/4 程度の増加を認めたに過ぎなかつた。

4) **酸 価** 47日後その酸価を測定せる結果は第4表に示す通りであつた。この表に示したように対照区に於て，その酸価は約3倍の増加を示した

第3表 リントン及びリントンCの過酸化物価に及ぼす影響

Table 3 Effects of Linton and Linton C on the peroxide values of butter fats that were kept on 35°C for 47 days.

区別	供試前	47日経過後
対照区	0 mg/kg	54.99 mg/kg
0.02%リントン添加区	0	16.30
0.02%リントンC添加区	0	12.94

第4表 リントン及びリントンCの酸価に及ぼす影響

Table 4 Effects of Linton and Linton C on the acid values of butter fats that were kept on 35°C for 47 days.

区別	供試前	47日経過後
対照区	1.093 mg/kg	3.622 mg/kg
0.02%リントン添加区	1.093	1.147
0.02%リントンC添加区	1.093	1.171

が，リントン及びリントンC添加両区に於ては殆ど酸価の増加は認められなかつた。

II　応用試験

a）試験方法

基礎試験に於てリントン及びリントンCは何れもバター脂肪に対し酸化防止の効果を認めたので応用試験を試みた。即ちクリーム分離時にリントンCの10％アルコール溶液を1kg当り1cc即ち0.01％リントンC濃度となるように添加した試験区及び無処置の対照区に分けバターを製造した。製造後バターは5×5×2cm角に硫酸紙で包装し，30°C±0.5°Cの恒温器中に放置後10日目に両区のバター表面より同一個所をそれぞれ採取し過酸化物価，酸価及び保形性等を観察した。

過酸化物価，酸価は実験Iに準じて行い，保形性は径1.4cm，高さ1.2cmの円筒形に成形し，白紙上にのせ温度37°C 30分間恒温器中に放置した後その拡がりの面積を測定した。

b）試験成績

恒温試験後10日目に測定せる酸価，過酸化物価及び保形性等は第5表に示すとおりであり，酸価

第5表　リントンCの過酸化物価，酸価及びバターの保形性に及ぼす実際応用上の影響

Table 5　Effects of Linton C which is used in the cream practically on the peroxide value, acid value and hardness of butter.

	過酸化物価		酸価		保形力	備考
	供試前	10日経過後	供試前	10日経過後		
	mg/1kg	mg/1kg	mg/1g	mg/1g	cm²	
度照区	0	16.00	0.30	0.91	11.34	
リントンC添加区	0	0	0.30	0.73	8.04	クリーム1～2日経過後罐接觸部より青紫色を呈す

に於ては対照区が幾分高い傾向が見られ，又過酸化物価に於ては，リントンC添加区に於ては全くその増加が見られないのに比し，対照区に於ては明かな増加が示され，更に保形性に於てもリントンC添加区に於て良好な結果を得た。なお第5表備考に表示したようにクリーム罐のメツキが剝げ鉄部の露出している場合は添加後1～2日放置すると鉄イオンの為クリームが青紫色を呈した。この点はリントンの実際的応用上注意を要する点であろう。又リントンを添加したバターの味は無添加のものと差異は認め難いが，強いて差異を求めるならば心持ち極めてかすかな苦味を感ずるのみであつた。

III　考　　察

リントン及びリントンCをバター脂肪に添加する基礎試験によると，これ等添加の両区に於ては重量の増加及び褪色は殆ど認められず，又酸価及び過酸化物価もリントン及びリントンCの両区に於て低い価を示した。これ等の結果から，この没食子酸イソアミルエステルは，バター脂肪に対して相当な酸化防止作用を呈することが知られる。更にリントン及びリントンCとの両区の間には有意な相違は本試験により得られなかつたのであるが，ただ過酸化物価の点からのみリントンC区に於て幾分良好な結果が見られた。

次に応用試験の結果は，過酸化物価は製造後10日目に於て，リントンC添加区のものには全く増加が認められず，酸価もリントンC区に於て幾分低い価を示した。又バターの保形性の試験結果もリントンC区が良好であつた。リントンの実際応用上から考察してリントンがクリームの醱酵に及ぼす影響或いはクリーム罐に含有され易い鉄イオンのリントンに及ぼす変色の影響等を考慮するならば，本剤の適用はチヤーニング後練圧時に添加することが適当であると考える。又実際応用法としては少量のバター油脂にリントンを溶解したものを練圧の際，添加して混和せしめるのがよいと思われる。

なお製品バターは殆ど対照区と差異は認められないが，一般にはわからない程度の，かすかな苦味を帯びるものの如くである。然し本剤の酸化防止作用による新鮮味の保持，栄養的効果及び保形性の保持等を併せ考慮するならば，この効果は大きいものの如く考察せられる。

IV　要　　約

1）リントン及びリントンCをバター脂肪に

0.02％添加し，温度35°C±0.5°Cのガラス張り恒温器中に放置し，重量の変化，色の変化等を観察し，又47日後過酸化物価，酸価を測定せる結果リントン及びリントンCはバター脂肪の酸化を相当強力に抑制することが明らかとなつた。然しリントン及びリントンCとの間には有意な差異は認められなかつた。

2) クリームに0.01％リントンCを添加し，製造したバターを30°C±0.5°C のガラス張り恒温器中に保持し，10日後に過酸化物価，酸価及び保形性を観察した結果，リントンC添加区に於てはいずれも良好な結果を得た。

3) 応用試験の結果本剤の適用は練圧加時に添する方が良好であること及び製品バターにかすかな苦味を呈するが問題とするに足らず，本剤の酸化防止作用による効果の方が，はるかに大なることを認めた。

文献

1. 田村三郎（1953）：化学の領域，第7巻，12頁.
2. 佳木諭介・田村三郎・佐武憲二（1951）：農·化.，第25巻，287頁.
3. 田村三郎・大熊和彦・林忠彦（1953）：農·化.，第27巻，323頁.
4. 田村三郎・大熊和彦・林忠彦（1954）：農·化.，第28巻，1頁.
5. 大島康義・吉原壮三郎・永水克美・有馬哲生（1951）：農·化.，第25巻 53頁.
6. 守本一雄（1953）：畜産の研究，第7巻，210頁.
7. 増田義一（1938）：農·化.，第14巻，518頁.
8. MARKLEY. K. S. (1947) : Fatty Acids.

Résumé

1) Butter fat samples wer dehydrated at 65°C and devided into 3 blocks that containd 0.02% Linton, 0.02% Linton C* and none. Keeping these samples in a glazed thermostat at 35° ± 0.5°C for 47 days, the changes in their weights and colors were observed, also the acid value and peroxide value were measured in each sample at the end of the keeping period.

It was established that there are significant preventive effects for the oxidation of butter fat, adding 0.02% Linton or Linton C, but that there were no remarkable differences between Linton and Linton C.

2) Butter was made from cream to which had been added 0.01 % Linton C and none, Keeping each butter sample in a glazed thermostat at 30° ± 0.5°C for 10 days, acid value, peroxide value and butter hardness were measured on each at the end of the keeping period. Linton C showed a preventive effect for the oxidation of butter and helped maintain a good degree of hardness.

3) From these tests on the usefulness of Linton C to prevent the oxidation of butter, it is considered that these drugs would be better added as the buttre is being worked that at any other time. Though Linton C has some bitter taste, the dosis as 0.1 g per 1 kg butter does not give any unpleasant taste, The effect of Linton C in keeping butter fresh and preventing it from oxidation outweighs the effect of the slight bitter teste.

---

* Linton C: consists of 20 % citric acid and 80 % isoamyl gallate.

北海道に於ける菜種の経営経済的性質

天　間　　征*

THE POSITION OF RAPESEED IN THE ECONOMY OF A FARM HOUSEHOLD IN HOKKAIDO

By Tadashi TENMA

1. はしがき

菜種が北海道に栽培され始めた事情と，その後の菜種栽培の変遷過程を顧みるとき，北海道における菜種は「府県農業の延長作物」ということが出来る。しかし全然そのままの型で導入された訳ではない。経営経済にとつて，作物は重要ではあるが一つの経営手段であるから当然固定的ではあり得ず，個別経営をめぐる自然的或いは経済的条件の変動によつて種々の適応がなされねばならない。

また経営条件に対して適応度の低い作物は，個別経営に弾力性が乏しい場合，経営内に入り難いし，入つたとしても遠からず析出されるであろう。作物の個別経営に対する適応は，その作物の栽培地帯の地域性に合致した適品種の育成とその選択採用となつてあらわれ，各部門の組織体としての経営は，それら種々の作物を組合せて，作目間にいわゆる補合，補完の関係を生むように組立てられ，その結果はそれぞれの作物を時に集約栽培し，時に粗放栽培するという適応をみせるのである。

このように，当初において菜種が「府県農業の延長作物」であつたとしても，これが北方の積雪寒冷な生育環境にもたらされた場合に，当然品種の変化と共に，栽培法の変化をも招くことになる。そうしてこのような諸変化が，府県，北海道という地域を異にした菜種栽培農家の経済に著しく異つた機能を与え，漸次適作物として，北海道農業に確とした地歩を築いて行くのである。

これまでの，わが国の農業発展は，自給作物から商品作物へ，粗放作物から集約作物へ，云い換えれば府県畑作経営では雑穀→普通畑作→集約蔬菜という標式的な型で表現され，経営内部では次第に各作物ともその集約度を増加し，このような傾向はまた「経営の進歩」[1]を表現しているものと考えられている。

粗放作物から集約作物へ，また同一作物の集約栽培化によつて具体的に表わされる「経営の進歩」の中にあつて，江戸時代以来燈油として，またその副産物は油粕として古くから最大の商品作物であつた菜種は，[2]北海道では現在に至るまで比較的粗放栽培にゆだねられながらもその栽培は続いており，皮相的にみると，一般的な「経営の進歩」の傾向と対応していないようにみられる。

しかし，「経営の進歩」は窮極的には組織としての，或いは統一体としての発展を意味しているものであるから，菜種のような粗放作物も，それが経営に入ることによつて経営要素間に補合，補完の関係を生ぜしめ，以て全体としての集約化を導く場合には，やはり「経営の進歩」を表現する作物となろう。経営の副次作物といわれるものには主幹作物の趨勢とは対蹠的に古くから著しく粗放なものが現在に至るまでとり入れられているのは，このような理由に基づくことが多い。

菜種の場合は後章でみるように，それが経営にとり入れられているのは，これが商品化率の高い

* 農業経営部経営第1研究室

作物であるため，最終的には収益性の高いということにつきるが，その収益性測定の尺度が，その作物自体の高い現金収入ということの他に，基幹作物との労働の組合せに基づいていること，夏季の資金欠乏期における唯一の現金収入源をなしていることなどによつている。

菜種は府県では一般に冬作物として，水田裏作が多いが，北海道では畑地に作られる。このようにみてくると，作物が経営の中に栽培される論理には，いろいろと複雑なものがあり，作物の経営的性質というものも決して作物に固有な性質ではなく，それを栽培している地域経営一般の性質に順応するものであつて，このことを逆に云えば，それぞれの作物の経営経済的性質の差異を考察することは，同時に農家経済そのものの検討を行うことに外ならないであろう。

このような観点に立つて，菜種の経営的性質を追究する訳であるが，特に本稿において菜種をとり上げた理由は，1）先ずこれが，府県農業の延長的作物であり，2）栽培の歴史や比較的持続的なまとまつた栽培面積を持ちながらも，粗放栽培にまかされていること，3）そして府県，北海道ともに冬作物として栽培しているということ，4）一方菜種は最も古くから商品作物であつたし，また現在もその商品化率は極めて高いこと，などの諸点から，菜種を通して本道畑作農業の特質が比較的端的に表現されると考えたからである。

2. 各作物に対比した菜種の地位

――基幹作物と副次作物――

北海道における菜種の具体的な経営経済的性質を明らかにするに先立つて，経営内における菜種の占める地位について，これを府県と北海道とに分けて，極く概括的ではあるが比較してみたい。

菜種栽培の一般的事情をみると，近年におけるその収益性の急騰を反映して作付面積は全国的に拡大し，水田裏作，畑作ともに伸び，個別経営においてもその比重は次第に高まつてきているようである。

このことを，農林省統計調査部の行つている農産物生産費調査の対象農家について具体的にみると，菜種の一戸当りの平均作付割合は経営耕地面積対比では，北海道において約3～4％であり，菜種を畑地に栽培している上述農家の全国平均では10％内外で，さらに水田裏作として栽培しているものの全国平均では23％（昭和27年）と著しく高く，ここでは菜種が，経営の基幹作物として導入されているように推測される。

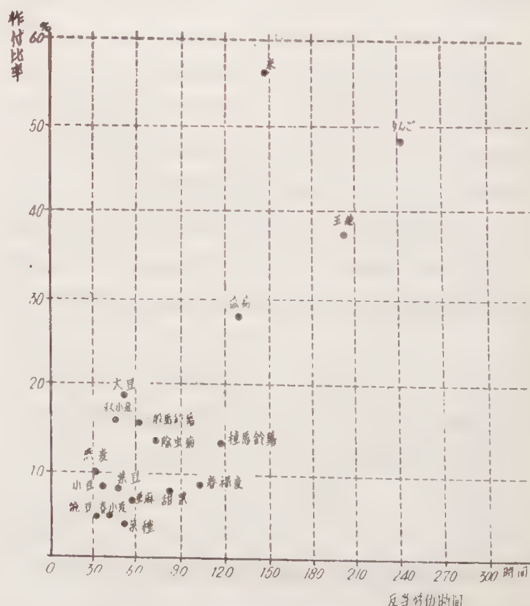
一方，作付割合3～4％という数字が示すように，北海道では一般には菜種は文字通りのマイナークロツプスであり，副次作物として表われている。

このように全国平均でみた場合，経営において極めて作付割合の低い作物となつている訳であるが，北海道の中で，他の各種作物と比べた場合はどうであろうか。

昭和26年の北海道農産物生産費調査から，この対象農家の作付割合をそれぞれの作物について表わしてみた。ここではY軸に作付比率，X軸には反当労働時間をとつてある（第1図）。

第1図　北海道主要農産物の反当労働時間と作付比率との関係

Fig. 1　The relations between the ratio of planted area per household and the amount of labour hour per "tan" on each crop in Hokkaido.



備考　昭和26年産農産物生産費調査による。

まずY軸に沿つてみてゆくと，単作を典型的に代表する米が最も高く，次でリンゴ，玉葱，薄荷，大豆，秋播小麦，馬鈴薯，除虫菊となつていて，一応これらはそれぞれの作物のいわゆる主要生産地帯では面積的にみて基幹作物となつているようで，それに続く燕麦，裸麦，菜豆，甜菜，亜麻，豌豆，小麦等はいずれも作付比率は1戸平均10%以下となついて，これまた面積的にみる限り副次作物的色彩が強く，このような作物は通例北海道畑作農業では，互に組合つて輪作体系を形成している作物群であるといえる。そうしてこれらの諸系列において菜種はいわゆる主要作物の中では最低の作付規模を示す作物となつている。

次に，X軸にとつた反当労働時間とY軸と対比して，各作物の系列を見ると，ある程度の相関々係が見出される。つまり反当所要労働時間の多いものが作付比率も高くなつているということである。このことは，一般的な傾向として集約作物が経営の基幹作物となつていることを示しているものと思われ，わが国の小農経済を表現しているとも考えられる。しかし，価格変動の激しい作物では，これに対する生産農家の適応のため多少例外的存在も出ている。

ここで菜種の北海道と，全国平均対比で，それぞれの地域での反当労働時間をみると，第1図でみられたようにやはり集約栽培の度合に応じてその栽培比率も，田作(全国)，畑作(全国)，北海道(畑作のみ) の順となつていて，その集約の程度は最低と最高とでは3倍強も開いていて，菜種が集約栽培にも粗放栽培にも適応性のあることを，云い換えれば集約化可能性のあることを示している(第2図)。

結局，「北海道畑作」段階，「府県畑作」段階，「水田裏作」段階といつた3段階は，菜種栽培進化の一般的傾向を表わしているものと思われ，このことは，菜種の収益性増大傾向が今後も維持せられる限り，北海道における菜種作も次第に府県畑作段階に近づくことが，これまでの北海道の菜種作の推移からも推察されるのである。1戸当り栽培面積の増大及び集約栽培化の傾向がこれである。

3. 北海道菜種の経営経済的性質

菜種の経営経済的性質について既に若干ふれたが，ここではその諸性質を商品性，価格の不安定

第1表　主要農産物の商品化率

Table. 1 Percentages of sold volume of each crop producted per "household" in 1951.

区別 \ 作物別	全府県		北海道	
	生産高	商品化率	生産高	商品化率
	石	%	石	
水稲	14.93	51.4	17.49	61.3
陸稲	0.26	36.9	0.06	—
大麦	2.14	38.3	2.38	27.1
裸麦	1.96	40.5	1.22	17.5
小麦	2.62	43.8	2.06	39.9
ひえ	0.13	20.1	0.66	14.8
きび	0.02	6.7	0.92	3.6
玉蜀黍	0.08	25.9	1.70	21.7
そば	0.05	15.1	0.93	22.5
その他雑穀	0.01	10.0	0.35	9.6
大豆	0.65	31.0	6.86	66.6
小豆	0.12	25.2	2.41	65.5
豌豆	0.02	20.0	0.46	—
いんげん	0.02	31.6	3.66	73.2
その他豆類	0.02	25.0	0.02	78.9
馬鈴薯	貫 72.3	25.5	2939.37	74.6
りんご	11.2	87.4	0.7	55.4
なし	2.0	86.4	1.5	62.1
なす	34.5	45.2	33.3	66.6
とまと	9.4	60.8	32.5	77.5
きうり	31.4	40.2	48.9	67.1
大根	49.3	40.1	208.7	27.8
かぶら	5.0	33.4	43.7	5.3
にんじん	13.8	44.1	74.1	8.6
なたね	71斤	57.7	50斤	82.0

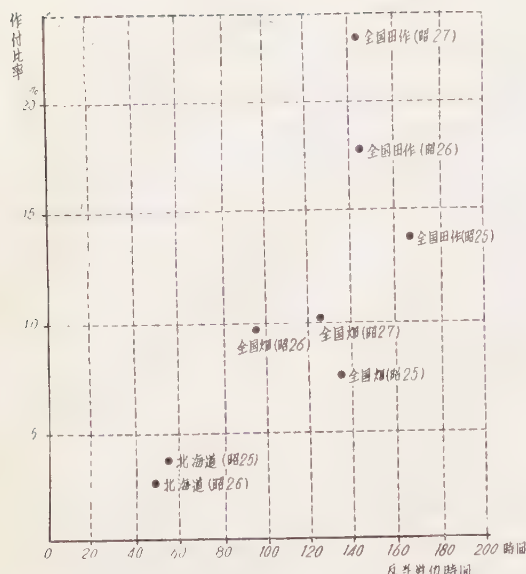
備考　1.　1戸当り平均である。
　　　2.　第28次農林省統計表による。

性，販売時期の三つに限つて考察を進めたい。

(1) 菜種の商品性

昭和26年における主要農産物の商品化率を，府県と北海道の両者の場合をとつて表わしてみる(第1表)。

これによると，府県の平均では，菜種の商品化率は57.7%で，りんご，梨という果樹には劣るが多くの蔬菜作物にまさる高い商品性を示している。



第 2 図　菜種の反当労働時間と作付比率との関係

Fig. 2　The relations between the ratio of planted are per "household" and the amount of labour hour per "tan" of rape seed.

北海道の場合では豆類，馬鈴薯が府県の場合とは著しく異なつて商品作物としての色彩が強くなつているが，それにも増して，菜種は広義の食用作物の中では最も高い商品化率（82%）を占めている。

この菜種の高い商品性は，云い換えれば，高い市場依存度を表わすわけで，当然その市場価格の影響を，強く受けるわけで，農作物以外の一般の自由商品と同じような価格の運動を示すことになる。そしてこの場合，個別経営の菜種作目のみをみるかぎり，北海道は，府県におけるよりも，より強く市場の影響にさらされていると云えよう。

菜種の激しい価格の騰落に基づく不安定性も，その一因は，このような高度な市場性に基因しているのである。

冬作物としての菜種は，これも同じく冬作物として通例栽培をみている大麦，裸麦，小麦と立地競合の関係にあることは見易い事実であろうが，これらの商品化率は府県ではおよそ40%内外，北海道ではその割合はずつと低位にあるが，近年において著しく激化した菜種と秋播麦類との立地競争の強化は菜種と麦類との間の収益性の相違に基づく単なる立地の交替ということの外に，麦類の高い自給性（低度の商品性）と菜種の高い市場性（高度の商品性）との差異による私経済的性質のちがいとして併せて理解されねばならないと思う。逆説的に云えば自給度の高い作物ほど，価格に対する私経済的な供給の弾力性を示し得るし，生産過程における財の循環に大きな役割――有機的関連――を果すからである。

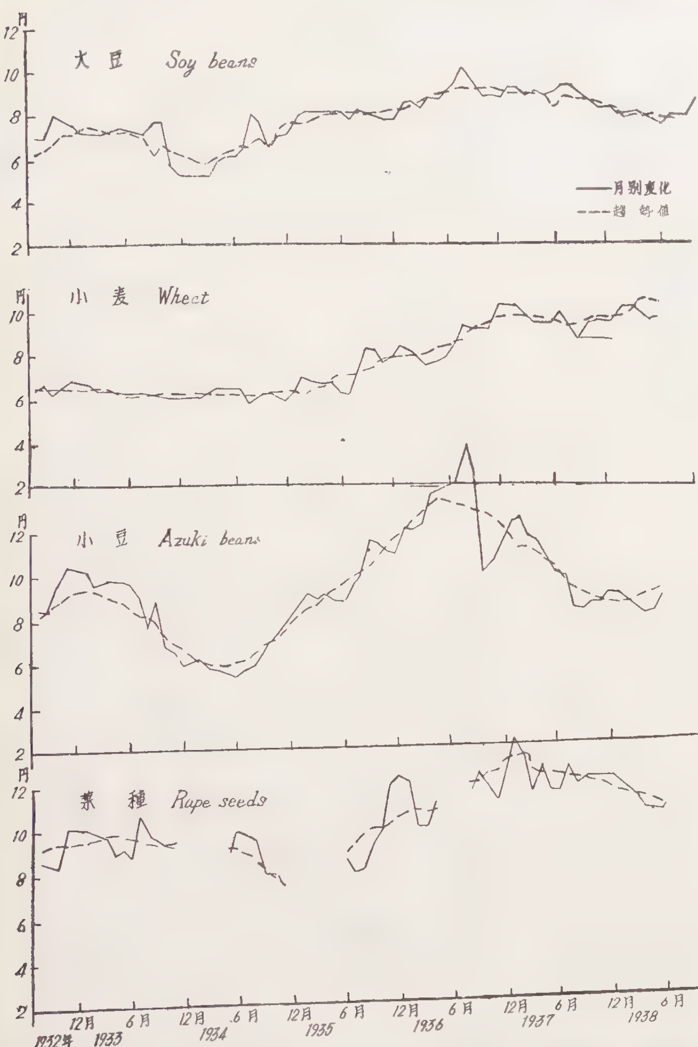
(2)　菜種価格の不安定性

菜種の商品化率，云い換えれば市場依存の程度は，(1) でみたように極めて高いため，この原料作物栽培農家にとつてみれば，価格がどのような点で定まつたとしても，それに対して供給量を適応させるという，いわゆる供給の弾力性が著しく乏しい結果になる。その上，通例油脂原料としての菜種に対しては，戦前では支那産菜種，鮮満大豆，戦後では米国大豆，極く最近では中共大豆など代替原料が輸入され，これら代替原料との国内での競合関係は，第 2 次大戦前後を除けば明治以来一貫して活潑で，この面からの価格の変動，さらに菜種の最終消費形態である油脂（食用）の需要の弾力性の比較的大きいことなどの事情から[3]，これまで原料菜種の価格は不安定な推移をたどり[4]，いわゆる「投機作物」として認識されていたようである。

このような不安定な価格変動の実証として，いまわが国経済の相対的安定期と見なされている昭和 7 年から同13年の 7 年間をとつて，需給の弾力性の比較的少ない道産の大豆，小麦と，これと全く対蹠的な小豆，菜種の価格の変化傾向をみよう（第 3 図1,2）。

このグラフは各作物の小樽商品取引所の高値をとつたものであるが，全般的には，価格の趨勢は当時のインフレ傾向を反映して漸増の傾向を示しているため，趨勢（trend）のみが明瞭に読みとられ，季節変動（seasonal variation)やその他の不規則な変動（irregular variation が第 3 図の 1 からは，あまりはつきりしないので，次に月別価格の 9 カ月の移動平均値を出し，この趨勢値からの偏差を求めた。第 3 図の 2 がそれである。これによると変動の幅，変動の頻度のいずれをみても，大豆，小麦などに比べて一広の変動性が，小豆，菜種の価格の系列の中に読みとられ，特に菜種は時系列の途中にブランク

があるが，変動の回数はむしろ小豆より多少，多いようである。



備考　小樽商品取引所調

第3図（1）　農産物価格の推移

Fig. 3（1）　An example of price trend of main crops.

(3)　販賣期の集中傾向

さきにみた菜種の，流通過程における変動性はこれを生産過程との関連において，把えるとき，菜種生産農家が，「いつどのようにして，それを売るか」ということに密接に結びついている。

1例として，昭和27年7月から同28年3月までの菜種，玉蜀黍，菜豆，大豆，小豆，秋播小麦等の，農林省北海道食糧事務所において取扱われた検査数量——これはおよそ農家の月別販売量と等しいと考えられるので，これによつて各作物間の比較をすると　菜種ではその商品化の割合が高い上に，販売量が収穫期に著しく集中しているのをみる（第2表）。

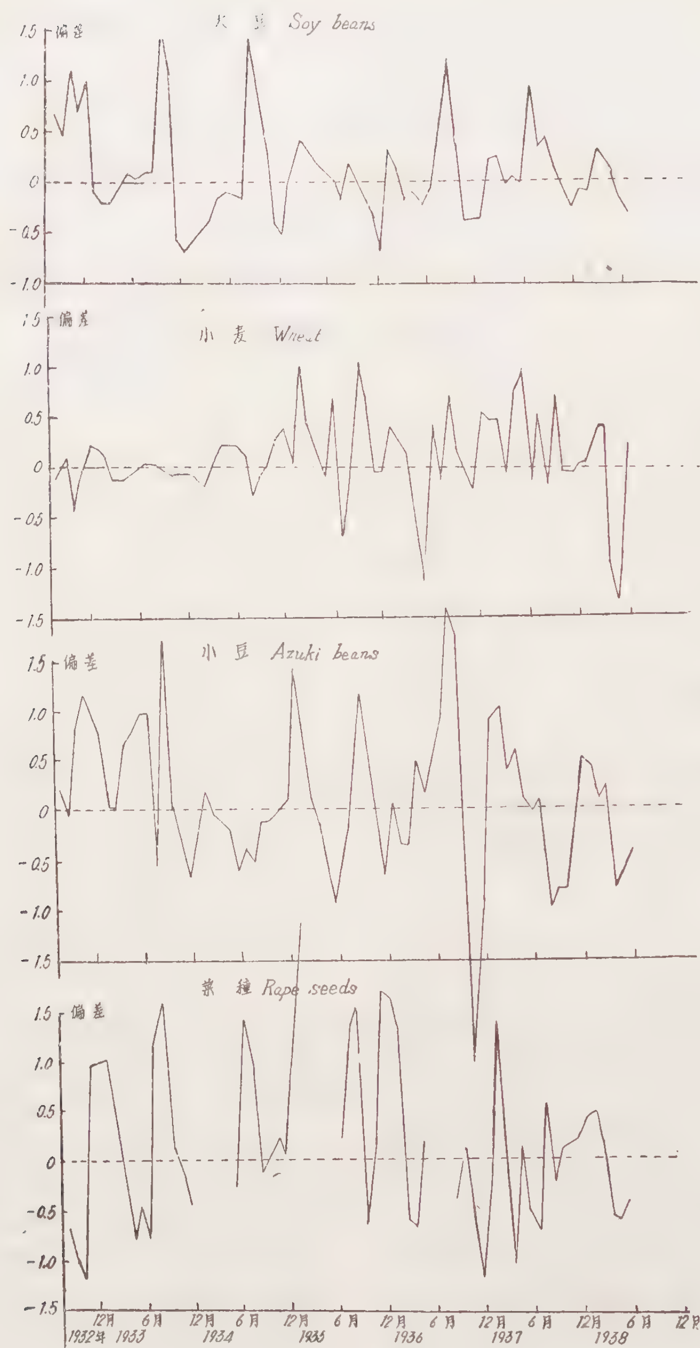
第2表　各作物の検査数量

Table 2　Amount of conditioned crops in Hokkaido.

年次＼種類	菜種	玉蜀黍	菜豆	大豆	小豆	秋小麦
	%	%	%	%	%	%
昭和27. 7	2.2	—	—	—	—	—
8	51.1	-	-	-	-	0.4
9	17.8	—	1.7	—	1.3	15.7
10	6.9	0.7	17.5	4.5	12.2	38.2
11	2.3	12.4	37.6	45.7	35.4	21.6
12	1.9	31.1	15.7	21.6	17.4	11.5
昭和28. 1	1.3	8.6	4.0	4.2	3.6	6.0
2	1.4	11.6	7.7	8.4	6.6	0.8
3	1.5	10.9	3.7	3.6	4.6	1.2
4	0.9	10.2	1.6	2.0	2.9	1.2
5	1.3	6.9	3.0	3.3	4.0	0.6
6	0.9	5.0	2.5	3.1	3.8	0.8
7	0.4	1.7	2.5	2.2	3.3	0.7
8	0.1	0.6	1.5	0.9	2.6	0.7
9	—	0.2	0.7	0.3	1.3	0.4
10	—	0.1	0.3	0.2	1.0	0.2
検査合計	100	100	100	100	100	100

備考　農林省北海道食糧事務所調査

つまり昭和27年度の各作物の全検査数量——全市場出廻量——を100とした各月の指数は，各作物の最盛出廻月の前後3ヵ月では菜種が81.1%に対し，玉蜀黍52.1%，菜豆70.8%，大豆71.8%，小豆65%，秋播小麦75.5%で，いずれも低くなつていて，菜種が収穫期にはその大部分が出荷されてしまうことを表わしており，このような傾向は，仲買人など仲介機関の思惑売買などの介在を許す結果となるわけである。然らば何故このような短い期間に，そのすべてを生産者は販売してしまうのであろうか。このことの解答は，菜種栽培農家の経済構造，逆に云えば菜種が生産農家の私経済に与えている役割を検討する



備　考　　小樽商品取引所調

第 3 図（2）　農 産 物 の 価 格 変 動

Fig. 3（2）　Price variations of the crops.

第 3 表　農家経済月別現金収支

Table 3　Farm income and expenditure at each month in cash per farm household in 1952, 4～1955, 1.

(単位　円)

項目 / 年次	農業収入		農外収入		収入合計		農業支出	
	全府県	北海道	全府県	北海道	全府県	北海道	全府県	北海道
昭和27年 4月	5,050	9,291	7,865	7,141	12,915	16,432	3,493	9,858
5	5,840	15,275	7,740	5,498	13,580	20,773	4,140	10,452
6	8,632	15,139	6,471	5,671	15,103	20,810	4,698	8,287
7	11,776	10,637	6,939	4,789	18,715	15,426	5,503	10,146
8	12,731	15,803	7,137	6,098	19,868	21,901	4,601	7,370
9	11,434	22,784	6,779	4,262	18,213	27,046	3,527	8,705
10	21,107	81,326	6,846	3,361	27,953	84,687	4,220	10,013
11	26,397	64,672	6,146	5,381	32,543	70,053	4,737	11,504
12	28,215	50,065	12,893	12,457	41,108	62,522	6,679	12,783
昭和28年 1月	10,416	18,308	7,852	2,701	18,268	21,009	3,395	4,187
2	9,306	18,372	8,428	6,733	17,734	25,105	3,729	8,056
3	9,515	26,670	10,715	7,175	20,389	33,845	4,999	14,499
年度計	160,419	348,342	95,811	71,677	256,389	419,609	53,711	115,860

項目 / 年次	農外支出		租税公課諸負担		家計費		支出合計		収支差引額	
	全府県	北海道	全府県	北海道	全府県	北海道	全府県	北海道	全府県	北海道
昭和27年 4月	978	1,403	1,502	2,959	11,419	16,021	17,382	29,881	△ 4,467	△13,449
5	894	430	1,330	2,439	10,055	11,814	16,419	25,135	△ 2,839	△ 4,362
6	659	446	1,170	3,153	7,914	13,086	14,441	24,972	662	△ 4,162
7	787	277	2,130	1,998	9,636	11,521	18,056	23,942	659	△ 8,516
8	777	788	1,836	1,740	11,040	15,285	18,254	25,183	1,614	△ 3,282
9	558	583	1,216	1,757	10,307	14,841	15,608	25,886	2,605	1,160
10	489	1,547	1,388	3,568	11,325	16,286	17,422	31,414	10,531	53,273
11	519	1,440	2,043	8,664	11,012	24,854	18,311	46,462	14,232	23,591
12	864	1,677	3,131	6,824	17,609	32,556	28,283	53,840	12,825	8,682
昭和28年 1月	595	451	1,675	1,819	12,544	13,995	18,209	20,452	59	557
2	733	793	1,847	2,140	12,296	13,614	18,605	24,603	△ 871	502
3	802	416	3,400	8,320	13,098	18,333	22,299	41,568	△ 2,069	△ 7,723
年度計	8,655	9,891	22,668	45,381	138,255	202,206	223,289	373,338	32,941	46,271

備　考　農林省統計調査部調査

ことによつて与えられよう。

北海道に於ける11月～3月にかけての寒冷，積雪，土壌凍結などの自然的諸要因は，必然的に農家経済に大きな影響を与えずにはおかない。昭和27年度における農家の現金収入状況を月別に表わし，農業収入だけについていえば，府県では比較的収入が冬季及び春季にも分配されているのに，北海道では，10，11，12月の3ヵ月に全農家収入の56%が集中していて，7，8月と1，2月の収入は少くなつている(第3表)。

その結果，収入，支出の差引額では，府県では2，3，4，5，の4箇月が赤字をみせているが，北海道では 3，4，5，6，7，8 の6箇月間が赤字を示し，特に6，7，8の3箇月間の現金収支は府県

第 4 表 各作物の増反，減反の理由

Table 4 Various reasons of decreasing and increasing of planted area for main crops under management of farm household.

項目 ＼ 種類		菜種	小麦	大麦	裸麦	燕麦	大豆	小豆	いんげん	玉蜀黍	馬鈴薯	甜菜	除虫菊
増加の理由	自給の強化 食糧	1.5	54.5	45.6	67.5	1.3	[illegible]	[illegible]	4.6	62.6	27.7	2.0	-
	自給の強化 飼料	—	—	0.5	0.5	47.5	8.5	—	0.4	12.1	3.0	0.6	—
	経済 価格の高騰	33.9	—	—	0.5	1.3	39.9	32.2	39.4	1.9	2.1	7.5	4.8
	経済 価格の割高，販路拡大	5.1	5.6	2.2	5.7	4.0	13.0	27.8	23.5	0.4	11.2	5.0	14.6
	経済 収量，価格の安定	25.0	10.3	37.6	0.4	14.3	13.4	5.9	5.2	2.0	22.8	54.6	—
	経済 現金が欲しい	22.3	2.0	—	2.8	9.8	3.5	2.2	6.4	1.3	2.3	0.6	64.5
	経済 その他	8.6	5.0	7.0	2.7	1.6	4.1	3.9	5.5	3.2	17.7	7.7	4.8
	耕地 耕地の増加	0.5	8.6	—	4.3	8.0	5.5	15.8	9.1	9.4	6.1	4.7	4.8
	耕地 土地改良	—	3.5	4.9	1.8	0.3	6.2	3.4	0.4	0.2	0.7	4.4	—
	労力 人手の増加	—	—	—	—	0.4	0.4	2.1	1.3	0.1	0.1	—	—
	労力 畜力，動力の増加	—	3.4	—	—	2.8	0.1	1.4	0.1	1.0	0.7	—	—
	技術の進歩	—	2.7	—	10.8	0.3	5.5	0.3	—	—	0.4	8.0	-
	その他	3.1	4.4	2.2	2.8	8.4	—	2.2	4.1	5.8	5.2	4.9	6.5
	不明	—	—	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	-
	合計	100 (99.7)	100 (59.3)	100 (18.6)	100 (56.4)	100 (319.3)	100 (116.6)	100 (214.6)	100 (108.9)	100 (42.7)	100 (283.6)	100 (63.9)	100 (6.2)
減少の理由	自給の必要程度の減少	8.0	23.8	16.9	16.3	15.7	5.7	3.0	1.3	19.4	10.1	5.9	0.1
	有利作物へ転作 収入が割安	12.3	24.9	0.9	22.1	25.8	6.4	0.5	7.5	19.3	9.9	3.1	21.5
	有利作物へ転作 その他不明	14.2	32.9	55.1	23.1	23.8	37.8	28.9	18.1	34.2	17.0	25.6	65.4
	経済 収量価格の不安定	21.5	4.0	—	3.7	5.7	9.5	22.2	19.9	1.4	11.3	-	8.1
	経済 肥料価格高	0.2	2.7	—	8.1	3.6	3.1	1.8	3.5	4.8	14.3	7.3	—
	経済 他産業(含内職)での現金収入の途が出来た	—	—	5.6	-	0.3	—	0.2	-	-	0.1	-	-
	経済 その他	—	6.9	—	6.3	10.0	2.6	3.3	11.4	3.6	2.8	1.0	0.5
	耕地 耕地の減少	15.5	0.5	0.9	6.6	1.6	3.0	2.7	2.9	3.0	3.1	4.2	3.3
	耕地 土地改良施設の老廃	1.6	—	9.3	1.5	1.3	0.2	7.9	1.6	-	4.1	3.1	-
	労力 人手の減少	0.7	1.9	9.4	3.7	0.2	13.7	16.9	17.6	7.9	9.1	2.1	1.1
	労力 畜力，動力の減少	2.0	0.1	-	1.5	2.3	3.7	0.5	0.3	0.6	5.0	15.6	—
	その他	3.4	—	—	—	1.4	0.7	0.2	—	—	—	1.7	—
	不明	20.2	2.3	0.9	8.1	3.3	13.6	11.9	15.9	5.8	13.2	29.4	—
	合計	100 (44.6)	100 (103.6)	100 (10.7)	100 (27.1)	100 (179.9)	100 (137.1)	100 (83.9)	100 (62.4)	100 (85.9)	100 (165.0)	100 (28.9)	100 (72.9)

備考 1. 本調査は札幌統計調査事務所管内である
2. 農林省札幌統計調査事務所調査
3. ( )内は実数，単位町歩

の黒字に対し，北海道の赤字と，はつきりした対称をみせている。府県がこれらの月に黒字を表わしているのは，畑地や水田裏作などにおける蔬菜や麦の収入を得ていることによるものである。

特にここで強調したいのは，北海道の積雪寒冷な自然条件は，府県農家経済とはつきり相違して6～8月の農家経済に明瞭に反映していることである。このような，いわば手持資金の夏枯時をつなぐために北海道では，秋播麦類，亜麻そして菜種という夏収作物の作付となつて結果することが極めて大きいのである。

北海道の各種作物の増反と減反の理由を属地主義によつて調査した結果によると，まず菜種の増反理由として挙げられているのは，増加面積の33.9％が近年の「菜種価格の高騰」を訴えており，25％のものは「収量，価格の安定」にあるとして，最近の化学肥料の豊富な出廻りと，農産物価格安定法の成立による菜種価格の最底保障の影響を示している。そうして22.3％は「現金が欲しい」という理由によつている。他の作物で，この理由から増反しているのは，除虫菊があるのみである（第4表）。

菜種が経営内に栽培されるのは，実にこのような「現金が欲しい」ということに大きな特徴があり，この時期が，たまたま農家手持資金の夏枯時と，農村の秋祭の季節に当ることからも首肯し得るであろう。

次に減反の理由を検討すると，増反の理由とは正反対な「収量価格の不安定」（21.9％）というのが最も多い。これらの菜種減反農家では「投機的作物」を駆逐する傾向にあると考えられる。

ついで「耕地の減少」が15.5％を示すがこのことは，種々の実例から推察して，戦後における集約農業の進展のため，菜種のような従来から粗放な栽培管理をやつていた作物が集約的農業地帯では次第に排除されている傾向を表わしているものであろう。

4　菜種栽培農家の諸態様

従来から菜種が「貧農作物」と云われるのは，栽培に当つて労働手段を使用することが少なく，その上いわゆる「裸の労働」に依存する割合が大きいことに基づいている。このような作物は一般には資本装備の劣悪な過小農に多く採り入れられる傾向があるのでかく呼ばれるのであろう。例えば

「菜種は麦に比べて，より貧農的な商品作物である。……もつとも，ここに貧農的だというのは直接には労働手段にかかわることである。そして耕作規模の拡大に伴つて，一般に労働手段が高度化するとはいえ，両者の相関々係はかならずしも，そう密接なものではない。ことに日本の農業では，経営とはいつても，労働手段が主体なのでなく，むしろ土地の所有がその基礎になつているから，相関々係はいつそう密接なものたり得ない。その意味で菜種は単に零細な耕作者のみでなく，耕作規模が大きいにかかわらず，労働手段の貧弱な経営にも重視さるべき理由がある。」[4)]

と指摘せられている。

しかし，このような一般的呼称は府県において栽培されている菜種に対するものであり，北海道ではそのままあてはまらないようである。例えば反当り労働時間についてみると，水田裏作菜種の場合は111時間であるに反し，北海道での場合はその約$\frac{1}{2}$の54時間であるに過ぎない。各作物全般について北海道で栽培されている作物は，いずれもそれが府県で栽培される場合に比し，反当労働時間が減少する傾向――労働粗放化――がみられるけれど，極端に比率の低下する作物として小麦(32％)，裸麦(46％)，菜種(49％)，の3つを挙げることが出来る(第5表)。

このような両地域における菜種労働時間の差異は，府県での移植作業や周到な中耕除草作業の結果である。次にこのような差異を，菜種生産費調査によつて表わしてみよう。

昭和25，26両年の菜種生産費調査の北海道平均と全国平均の結果から収益性の指標として家族労働報酬と労働1時間当り報酬との二つをとつた。

これによると，全国（畑作）菜種は北海道の約2倍の労働時間を投下しており，又全国（田作）菜種ではほぼ3倍の労働投下にもかかわらず，この3つの比較では投下労働の最も少ない北海道が家族労働報酬も最大で，畑作，田作の順によつて労働報酬と労働投下量とが，予想に反して逆比例しているのに少しく奇異の感をもつ(第6表)。こ

第5表　各作物の反当労働時間

Table 5 Comparison of labour hours on each crop per "tan".

作物種類＼地域	府県（時間）	北海道（時間）	府県を100とした比率（%）
米	200	160	80
小麦	141	45	32
裸麦	199	91	46
馬鈴薯	90	64	71
大豆	67	49	73
小豆	65	38	59
玉ねぎ	244	243	100
りんご	374	281	75
菜種	111	54	49
除虫菊	119	72	61
薄荷	139	141	101
玉蜀黍	114	122	107
種子馬鈴薯	129	119	92
甜菜	—	79	—
菜豆	—	38	—
豌豆	—	35	—
亜麻	—	50	—

備考　府県分は農林省統計表より26，7年2カ年平均
　　但し　除虫菊，薄荷は26年
　　　　種子馬鈴薯は　27年
　　北海道分は北海道統計調査事務所
　　「生産費調査」による

の理由について推察されることは，例えば昭和26年では物財的生産費は3地域共に3000円台でほぼ等しいにかかわらず粗収益（反収×価格）でかなりの開きのあることである。北海道が粗放な栽培にもかかわらず粗収益の高いのは，その栽培が同じ冬作物として作られていても，裏作でないために，表作の体系によつてその播種，収穫期が制限されないことによつている。このことは全国（田作）に比べて対蹠的である。また北海道産菜種はその品種が洋種，（主としてハンブルグ1号）で含油率，搾油割合高く，品質佳良なるため，単価も高いということによつている。

次に労働一時間当報酬，いわゆる労働生産性が北海道，全国(畑)，全国(田)の順になつているのは当然といえよう。

さて，以上のような比較でみた限りにおいては府県菜種作の方がよりその収益性の劣ることが指摘されたが，しかし最近（昭和21年以降）の菜種作付面積の急騰傾向は，その率において，府県も北海道も比例的な関係があるが，その実数では府県の方が総作付面積に比べた菜種面積の割合は極めて高くなつている（第4図）。

そうしてそれも主としてさきに最も収益性の少ないとみられた田作としての菜種が伸びているということである。各作物の生産費調査結果から，それぞれの作物の経営経済的性質を大きく分類す

第6表　菜種の収益性

Table 6 The profit of each rape-seed production region.

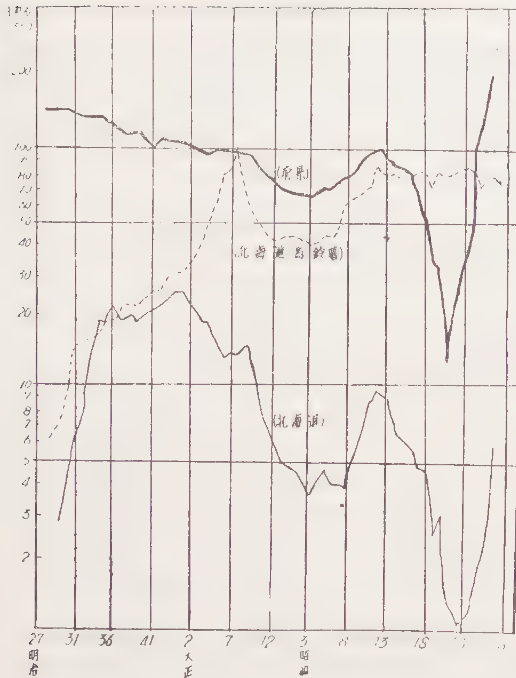
地域	粗収益		生産費（家族労働費を除く）		家族労働報酬		労働1時間当り報酬	
	昭 25	昭 26	昭 25	昭 26	昭 25	昭 26	昭 25	昭 26
北海道	6,552	12,683	2,265	3,368	4,287	9,315	91	173
全国（畑）	5,667	9,685	3,187	3,362	2,480	6,323	18	65
〃（田）	4,420	8,223	3,490	3,782	930	4,441	6	31

備考　1．粗収益は主産物のみである
　　　2．生産費は第1次生産費である
　　　3．農林省統計

る方法として，ここでとりあげているのは反当家族労働報酬と1時間当り労働報酬である。

この二つの指標の組合せの結果は

①　反当労働報酬は高いが，1時間当り報酬の低いもの
②　反当労働報酬は低いが，1時間当り報酬の高いもの
③　反当労働報酬も1時間当り報酬も共に高いもの
④　家族労働報酬も1時間当り報酬も共に低いもの



備考　農林省統計表及び北海道統計書による

第4図　菜種作付面積の推移

Fig. 4　Trende of areas of rape-seed cultivation.

等となる。

栽培の各作目とも③の段階に近づけることが経営の目標となるわけであるが，各地域の土地や気候の条件，農家の資本装備の優劣などによつて①②の段階の作物栽培が止揚されないものである。土地と家族労働の個別農家における私経済的意義の比重の違いによつて，あるときは①を満す作目が，或いは②の作目が選択されるであろう。

この範疇の4分を，現在栽培されている作物の実例についてみよう。

昭和26年の各作物の収益指標をとつてみると(第7表)，③のグループとして南瓜，ねぎ，藺，茶などをあげることができる。これらは，園芸作物の範疇内にあるもので高度の管理技術を要求する極度の労働集約作物である。②のグループは，馬鈴薯，大豆，大根等とそれに甘諸が入るかも知れない。これらは，一般に比較的労働の余りかからないもののようである。①のグループには米，煙草などがある。最後に④グループとしては，小麦，大麦，裸麦と菜種が入ろう。以上の分類は，わずか1箇年のいわば短期の価格趨勢を反映しているのみであるから厳密さを欠くが，分類のやり方としてあげたわけである。そしてこの分類で表われた限りにおいては，④のグループに属するものは貧農作物的傾向が強く，③のものは富農作物的傾向が強い。そしてこの2つを両極端として作物は一応4段階に分れる。

第7表　わが国に於ける主要作物の反当収益

Table 7　The profit of each crop production per "tan" in Japan.

作物種類＼項目	粗収益	生産費（除家族労働費）	家族労働報酬	労働時間当り報酬
米	円 15,841	円 6,057	円 9,784	円 48
小麦	7,567	4,250	3,317	23
大麦	8,780	4,380	4,400	26
裸麦	7,992	5,146	2,846	14
甘諸	18,921	4,249	14,672	80
馬鈴薯	15,130	7,010	8,120	76
大豆	7,132	2,019	5,114	72
大根	10,225	981	9,244	92
煙草	44,884	4,836	40,448	37
菜種（畑）	9,685	3,362	6,323	65
〃（田）	8,223	3,782	4,441	31
南瓜	21,892	1,334	20,558	71
ネギ	31,049	1,018	30,031	114
藺	53,929	2,223	51,706	84
茶	31,534	1,040	30,494	89

備考　農林省統計表による

このようにみてくると菜種は他の作物に比べてその収益性の系列が上位にないことが認められる。しかし第4図に表われているようにこの年も菜種作付面積の急増傾向は続いているのであり，また相対的に最も収益性の低い府県における田作菜種が，最も増加しているのである。

この説明の一つとして作物間の競合と選択があげられる。というのは菜種を畑作にした場合，府県においてその収益上における競合作物となり得るのは大麦，小麦，裸麦の他に蔬菜，いも類，豆類なども消極的ではあるがのつてくるわけである。

ところが水田裏作の場合では，表作の米の収益

をあまり減じない程度に於て裏作が導入されることが多いから，麦類と菜種以外に入り得る作物は殆どなかろう。そうすれば，畑作と水田裏作の場合とでは，とり入れられる菜種と競合関係に立つ作物数と，その種類が多少異なり，水田裏作の場合では作物選択の余地は少なくなる。ここでは小麦，大麦，裸麦の各裏作物の粗収益，家族労働報酬，1時間当り労働報酬いずれも田作菜種に劣つていることが指摘されている。これが田作菜種の激増傾向の機構であつて，これは主として裏作麦と代替されて増加されているのである。

さらに，府県菜種作に比べると格段に収益性の高い北海道菜種が，それほど大きな作付面積を示さないのは，これもまた前と同じに作物の競合関係と代替性で説明される。

北海道で生産費調査のやられている全作物の収益性を第7表と同じ要領で作つてみる(第8表)。

第8表　北海道における主要作物の反当収益

Table. 8　The profit of each crop production per "tan" in Hokkaido in 1951.

作物名	粗収益	生産費（家族労働費を除く）	家族労働報酬	労働時間当り報酬
秋小麦	5,714	3,570	2,144	48
春裸麦	4,098	4,034	59	1
燕麦	4,016	1,856	2,160	65
馬鈴薯	13,039	5,968	7,071	112
大豆	7,219	2,406	4,813	94
小豆	11,173	2,602	8,571	226
菜豆	7,017	2,284	4,733	103
豌豆	6,686	2,260	4,426	138
玉ねぎ	30,403	13,631	16,772	84
りんご	24,473	17,378	7,095	29
菜種	12,683	3,368	9,315	173
亜麻	4,105	1,843	2,262	40
除虫菊	12,599	1,920	10,679	148
薄荷	11,841	5,229	6,612	52
甜菜	7,668	6,886	772	9

備考　1.　粗収益は主産物のみである

2.　生産費中には土地資本利子，公租公課を含まない

3.　昭和26年産主要農産物生産費調査報告（農林省札幌，北見，函館，帯広各統計調査事務所調）

ここでの菜種は府県の場合と比べて家族労働報酬も，労働の生産性も著しく高い。しかしその栽培は冬作物であつても，裏作物ではないから競合作物は多数ある。というのは夏の刈取後の跡地にもう1作されるということが少なく，多くの場合休閑されているからである。ここでの競合作物は燕麦を含む麦類を始めとし大豆，小豆，菜豆の豆類，それに馬鈴薯，亜麻などである。

そうして麦類の低収益性が永続的傾向とすれば豆類，との競合度合が高くなる。

このように，菜種という一つの作物をとらえてみても，地域を異にすれば，その競合作物も異つてくるし，また農家経済に占める地位も異つて来て，その作物の増加減少傾向を完全に説明することは容易ではない。このことは第7表と第8表との各作物を対比させてみれば一層明らかとなろう。そこでは除虫菊，玉葱，小豆，菜種などが③のグループの作物の中に入つていて，菜種はむしろ富農作物的範疇の中にあることである。

以上，菜種の商品化率とか，その農家販売時期収益性などの既存の統計資料によつても，府県と北海道では，同じ菜種が主幹作物にも，副次作物にも，貧農作物にもまた富農作物にもというように地域によつて異なつているのをみた。

そこで次には菜種の経営的性質という問題を，より具体的に把むために，特定の地域で，ある個別の農家組織の中で，菜種栽培の生産構造を実態調査を通じて考察してゆきたい。

(1)　調査個所の抽出

昭和28年の北海道の菜種作付面積は，空知，石狩，後志の3支庁管内でその8割以上を占め，特にこれらの地方では明治中期以来一貫して作付が行なわれている。本調査では，これら3支庁管内の中からそれぞれ1ヵ所宛次の要領で選定した。それは　1) 菜種作は面積がそれぞれの支庁で高位にあり，2) その反収が支庁平均に近く，3) 古くから菜種の主産地であることなどである。

その結果，石狩支庁管内――江別町，空知支庁管内――由仁町，後志支庁管内――前田村の3地区を得た。江別町は主要畑作地帯であり，北海道においても有数な酪農地帯でもある。由仁町も大部分は畑作であるが，その中に水田地帯がまとまつて分布している。前田村は52%の水田があり北海道の平均水田化率は20%内外であるから高度の水田地帯で，その上存在する畑地も，水田農家

に分配され畑作専営はほとんどない

経営階層は，前田村では3～5町歩層にその半数近くが分布しているが，江別町，由仁町の畑作地帯では



第5図　調査町村の所在

Fig. 5 Localities of investigated villages.

5～10町歩の階層の比重が高い。菜種の反収では，前田村が全道の最高反収をもち，由仁，江別の順に低くなつている。

（2）前田村の場合

前田村の総農家戸数681戸，そのうち，水田をもつているもの637戸，畑をもつているのは666戸であるから，大部分の農家が田畑兼営農家ということになる。その上前田村の全耕地面積も，田畑が半々で，その割合は大部分の個別農家においても然りである。村の南部地帯は高台で，水田は村の北部を通つている岩内線の周辺特にその北側が多い。このように田と畑とが，村の南北に劃然と別れているにもかかわらず田畑兼営が多いのは，水田農家が上記の高台地帯へ「出作り」を行つているためである。

調査部落は岩崎新生，老古美中央及び老古美西の3部落で，その水田化率はいずれも50%で村平均に等しく，この3部落を平均した菜種作付農家数，作付面積を経営規模別にまとめると第9表のとおりである。

その結果によると，経営規模が増すにつれて菜種の作付面積も栽培農家数も共に増している。このことは，1.5町歩以下の比較的零細な農家では自給作物栽培の圧迫が強く，とくに自家用蔬菜の作付のために畑地には商品作物が入り難いということを示す。しかし，ともかく全農家の88%までが菜種を栽培していることは他町村にみられないものである。

次にこれらの菜種栽培による収入が，農家経済にどのような役割を占めているかということについて設問した結果によると，この村の一般的形態は田畑兼営ではある

第9表　前田村の菜種作付状況

Table 9 The operating condition of rape-seed cultivation at Maeda-mura.

経営階層＼項目	総農家戸数（A）	菜種栽培戸（B）	菜種栽培面積（C）	菜種栽培農家の割合（B/A×100）	1戸当り作付面積（C/B）
	戸	戸	反	%	反
農家総数	67	59	237.0	88	4.0
3反未満	—	—	—	—	—
3～5	1	—	—	—	—
5～10	3	—	—	—	—
10～15	2	1	1.0	50	1.0
15～20	4	1	4.0	25	4.0
20～30	6	6	9.5	100	1.6
30～50	31	31	114.0	100	3.7
50～100	20	20	108.5	100	5.4

備考　1．前田村3部落の合計
　　　2．昭和28年度についての調査結果

が，農家の収入から見ればその7～8割が米作収入であつて，このことは，当町が岩内町に隣接しているため「ヤミ米」の需要もかなりあるということにもよつている。故に菜種収入はどちらかと云えば農家経済に副次的な意味を持つに過ぎず，収穫期が7月下旬～8月上旬で，この時期は丁度「お盆」に当るため，その小遣銭として費消されることが多い。さきにみた菜種の販売時期の集中傾向，換金化傾向も，実はこのようなことを反映しているのかも知れない。また，菜種の作付割合の高い農家でも，その収入が生産的機能を果すよりは家計費充当が大部分である。

つまり，農薬，肥料その他の生産諸資材が農業手形によつて購入され，その決済期が11月末で，一方菜種収入が8～9月，米作収入は10～11月に入ることから，通例米の収入でそれが支払われるのである。

栽培法は条播で，中耕除草が2～3回行われ，刈取跡地は翌春まで休閑され，翌年は燕麦，馬鈴薯，菜豆等が作られる。府県とはちがつて，菜種は同じ冬作物であつても，裏作の強化――土地の集約的利用に基いて作られているわけではない。

次に，この地帯に菜種が立地している理由の2，3について觸れることとしよう。

i　社会経済的要因

前田村一帯を含む岩内地方は，北海道の中でも古くから開け，明治10年以前既に開拓が行われていた。菜種の栽培が統計に表われたのは明治20年代のことで，以来現在まで栽培が見られ，ここから優良品種「岩内」を生

み，その栽培は盛んである。

菜種の立地した理由の一つは明治，大正期においての北海道有数の商港であつた「岩内港」を持つていたということにある。岩内地方での菜種栽培は，全道的にみてもそうであるが，道内需要によつて発展したものではなく，府県製油原料市場（大阪周辺）への移出と，時によつては欧米への輸出を対象として行われたもので，特に青刈飼料用として種子の海外需要も強く，岩内地方の菜種栽培の発展を特徴づけるものは，実にこのような輸移出向生産としてのもので，このことは，岩内地方が菜種のかなりのまとまつた産額を示しながら，主要搾油工業が立地していないことからも実証される。

ii　水稲労働と菜種労働力の補合関係

当村での主な畑作物は，燕麦（313町歩），菜種（153町歩），馬鈴薯（125町歩），大豆（62町歩）などで，これらのうち燕麦は大部分自家飼料用となり，商品作物としては菜種，馬鈴薯，大豆等が主なものである。麦類は第2次大戦中は作付が多かつたが，近年は菜種によつてかなり代えられた。平均反収は秋播小麦で4俵，大豆2俵である。これは菜種の4.5俵に比べて高い方ではない。

この村は水稲を主とする農家が多いため，上記のような作物は，水稲労働と競合しないという点からの顧慮も相当に払われているようである。例えば，ここでの水稲の収穫期は9月下旬～10月上旬で，馬鈴薯では水稲と同じ時期が収穫期とぶつかつているのに，菜種では7月下旬～8月上旬が収穫期で，この時期はまた7月中旬，8月下旬の水田除草期の間にあつて，水稲労力と補合的な関係にある。このような関係は燕麦との間にもみられ，従つて商品生産としての燕麦と菜種が最も立地競合の度合が高い。

iii　魚 汁 の 利 用

当村の菜種施肥慣行は魚粕が魚汁によつて代替されている。この魚汁の利用は，この地方の著しい特徴であり菜種の立地もこの魚汁の利用と切り離すことは出来ないようである（第10表）。

前田村は，その東部で漁港「岩内」に隣接している。ここでは漁獲物の加工も盛んで魚粕製造が行なわれている。この際副産物として魚汁が生産される。魚汁は極めて肥効にとむ窒素質肥料であるが，屎尿と同様肥効に比し容積が大きいから，運搬上難点があるが，前田村の両端の近くまで岩内町から2里半の圏内の農民によつて広く利用されている。

魚汁を麦類に施用するとかく徒長，倒伏が起り易いが，この点耐肥性の高い菜種は恰好の作物であり，前田

第10表　菜種の慣行施肥量

Table 10　Manured anounts on rape-seed field per "ton" at Maeda-mura.

種　類	数　量
堆 厩 肥	貫 100 ～ 150
硫　安	8 ～ 9
過　石	5 ～ 6
魚　汁	250 ～ 300
加　里	僅　少

備考　前田村農業改良相談所調

村が反収4.5俵と全道の平均最高反収を示すのも，このような施肥慣行に基づくところが大きいと思われる。魚汁の価格は1石100円で4月，5月の鰊漁獲に多く生産されるため，農家の購入，運搬時期もこの時期に集中している。

(3)　由仁町の場合

由仁町は，水田1,015町歩に対し，畑4,400町歩で，水田は町を南北に横断している室蘭本線の西側に集つている。

町の周辺は山岳地帯となつているため，農業の形態は大きく分けて中央部の水田経営と，田畑兼営，山麓丘陵地帯の畑作経営となる。菜種は山麓の緩やかな傾斜地に栽培されているものが多い（第6図）。従つて当町の調査部落の選定は，畑専営地帯，田畑兼営地帯，水田作経営地帯，混同経営地帯の4部落とした。

調査部落の概要は次のとおりである。

菜種は畑専営地帯，酪農畑作地帯，田畑兼営に作付が多く，田作経営地帯では畑地もあるが家畜の飼料作物と



第6図　由仁町の菜種

Fig. 6　A View of rape-seed field at Yuni-machi.

しての燕麦や自家食糧作物のための菜種は極めて少ない。

第11表　由仁町における調査部落の概要

Table 11　Agicultural conditions at the inspected communities in Yuni-machi.

	畑専営地帯	田畑兼営地帯	田作経営地帯	酪農地帯
戸数(戸)	45	41	37	23
田　(町)	14.15	85.51	102.14	1.43
畑	261.64	82.31	24.75	157.52
秋小麦	18.75	6.87	0.65	11.15
燕麦	30.50	22.01	10.70	17.25
大豆	24.38	6.85	0.88	5.80
小豆	21.60	7.28	1.18	8.55
馬鈴薯	42.22	9.23	1.13	6.68
菜種	21.95	10.32	0.60	13.00
ビート	22.90	1.90	0.15	9.35
亜麻	2.20	1.30	—	2.85
牛　(頭)	6	—	—	32
馬	83	58	54	34

備考　昭和28年調査

各調査部落の菜種作付状況を経営規模によつてみると畑専営地帯では作付割合は経営規模が大きいほど高く，ほぼ100%に近く，1戸当りの作付面積も1～1.5町歩階層では約1反歩，10～20町歩階層では9反歩で，その間次第に増加している。

田畑兼営地帯では，経営規模の大きくなるにつれて栽培する農家数も多くなり，2～3町歩層，3～5町歩層に作付が最大で，それ以上の経営階層では逆に低下する。

田作経営地帯では3町歩以下の階層には作付がない。3町歩以上層でも作付割合は極めて低い。5～10町歩層で5反歩の作付がみえるがこれは例外的である。

混同経営地帯では，作付農家は極めて多く，その作付面積は純畑作地帯よりも高く，この傾向は次の江別町でもみられるところである。

さて，由仁町での菜種栽培も，集約的な土地利用として行われているのではなく，このことは刈取後休閑されていることからも推察され，翌春は燕麦，豆類が入る。菜種からの収入は，田作経営，田畑兼営等では家計費に向けられて消費されることか多いが，畑作経営では機能資金として向けられる。

(4)　江別市の場合

江別市の農耕地では泥炭地の比重が極めて高い。市の中央をほぼ東西に貫流する石狩川流域の沖積土地帯にはわずか水田がみられる他には大部分畑作経営で，従つて1戸当りの経営規模も大きく，北海道での主要酪農地帯でもある。

調査部落は，江別太第3部落（主畜経営地帯），上江別第4部落（田畑兼営地帯），八幡第2部落（畑専営地帯），篠津第4部落（混同経営地帯）の4部落である。

ここの菜種の反収は，比較的栽培の歴史が古く，かつまとまつた作付面積をもつているわりには低く，前述の前田，由仁に比べると最も低い。これは菜種のみに限らず，他の作物についてもそうで，土地条件の劣悪によることが多いと考えられる。慣行施肥量（第13表）は前田由仁のそれに比べて決して少なくはない。

菜種と作付競合にあるのは燕麦，小豆で刈取跡地は農

第12表　由仁町における菜種作付状況

Table 12　The operating condition of rape-seed cultivation at Yuni-machi.

経営規模＼項目	畑専営地帯 総農家数(A)	菜種栽培農家数(B)	菜種栽培面積(C)	田畑兼営地帯 (A)	(B)	(C)	水田経営地帯 (A)	(B)	(C)	混同経営地帯 (A)	(B)	(C)	計 (A)	(B)	(C)	菜種栽培農家の割合 B/A×100	一戸当り菜種栽培面積 C/B
町歩 5～10	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
10～15	2	1	1.0	—	—	—	—	—	—	1	—	—	3	1	1.0	33.3	1.0
15～20	—	—	—	1	1	1.0	5	—	—	—	—	—	6	1	1.0	—	1.0
20～30	3	2	3.0	12	5	18.0	5	—	—	—	—	—	20	7	21.0	35.0	3.0
30～50	6	6	24.0	15	9	19.2	23	1	1.0	3	3	11.5	47	19	55.7	40.0	2.9
50～100	28	27	146.5	13	11	65.0	4	1	5.0	17	16	98.5	62	55	315.0	88.7	5.9
100～200	5	5	45.0	—	—	—	—	—	—	2	2	20.0	7	7	65.0	100	9.3
総数	45	41	219.5	41	26	103.2	37	2	6.0	23	21	130.0	140	90	458.7	64.2	5.1

備考　昭和28年調査

家によつては飼料用菜種が作られている。

第13表　菜種の慣行施肥量

Table 13 Manured anount on rape-seed field at Ebetsu-shi.

種　　類	数　　量
堆　厩　肥	200 ～ 300貫
硫　　　安	5 ～ 10
過　　　石	10
魚　　　粕	4

備考　江別市農業改良相談所調

菜種の栽培状況をみると，畑専営，混同経営では 100%の作付率を示す。田畑兼営では零細規模の経営には作付がなく，1町歩から1町5反歩位の層以上になつて表われるが,作付割合は1～2反歩で多くはない(第14表)。

菜種栽培農家数は経営面積の規模と比例的関係にあるが，1戸当り菜種栽培面積と経営規模との間には規則的関係はない。主畜経営では作付戸数は少ないが，1戸当りの栽培面積は他の経営形態に比し最も高い。

これらのことから，菜種の作付面積は，経営形態にかかわらず面積に比例して増加するようである。主畜経営に比較的栽培面積が多いのは，前に述べた飼料用蕪菁を跡地に栽培したり，また養畜労働と菜種の労働との調和などによるものであろう。

以上，道内菜種の主要生産地帯の前田村，由仁町，江別市の栽培事情を考察してきたが，次にその結果をここで要約しよう。

(5)　調査結果の総括

1)　菜種栽培面積は昭和28年ではおよそ耕地面積の10%内外の経営農家が多い。

2)　畑専営地帯では100%に近い農家が菜種を栽培しているが，しかし1.5～2.0町歩層以下の零細農家では菜種作付は極めて少なく，3～5町歩層が最もよく栽培を行つている。

3)　前田村では，水田経営においても菜種の作付は高い割合を表わしているが，一般にはこのような形態では畑地の所有面積が少ないため，自給作物を畑地に作り，菜種は入りがたい。

4)　主畜や混同経営に菜種が多く作られるのは，養畜労働と耕種労働との組合せと跡地に秋播の飼料用かぶの栽培が可能だからである。

5)　一般的にみれば，菜種は「経営集約度」の増進，土地利用の強化という視点から栽培が行われているのではない。このことは多くの地帯で収穫跡地（8月以降）が翌春まで休閑されていることからも推察される。

6)　菜種の競合作物は，現在の価格体系の下では燕麦豆類である。

7)　菜種作付の特に多い経営や低収入零細農家の一部では，菜種収入は一部再生産資金として農業資金にむけられるが，多くの経営では夏枯時の現金収入として「出来秋」までの家計費，若しくは「お盆」の小遣銭として費消されることが多い。

5. 要　　約

「作物の経営的性質」という一般的な問題の中

第14表　江別市における菜種作付状況

Table 14 The operating condition of rape-seed cultivation at Ebetsu-shi.

経営規模＼項目	畑専営地帯 農家戸数(A)	菜種栽培農家(B)	菜種栽培面積(C)	主畜経営地帯 (A)	(B)	(C)	田畑兼営地帯 (A)	(B)	(C)	混同経営地帯 (A)	(B)	(C)	計 (A)	(B)	(C)	菜種栽培農家の割合 B/A×100	1戸当り菜種栽培面積 C/B
総　数	17	15	63	15	6	40	16	7	11	27	27	101	75	55	215	73.3	3.9
～3反	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
3～5	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
5～10	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—
10～15	—	—	—	—	—	—	2	1	1	—	—	—	2	1	1	50	1.0
15～20	—	—	—	—	—	—	3	2	5	—	—	—	3	2	5	666	2.5
20～30	1	—	—	1	—	—	3	2	2	—	—	—	5	2	2	40	1.0
30～50	5	5	13	3	3	10	1	1	2	4	4	0.5	13	13	25.5	100	1.9
50～100	10	9	39	11	3	30	1	1	1	19	19	74.5	41	32	144.5	78	4.5
100～200	1	1	11	—	—	—	—	—	—	4	4	26.0	5	5	37	100	7.4

備考　昭和28年調査

に，「北海道菜種」をとりあげ，その私経済的性格について，既存の資料から或いは若干の調査を通じてこれをみてきた。

当初意図したことは，「菜種」なる府県農業の延長型の作物をとりあげ，その特質を論ずることによつて，府県，北海道の農家経済構造の差異及びそれがよつてくる自然的条件や経済的条件の差異を明かにして，以て北海道農業の特質の一端を明かにしようとしたのである。顧みて，考察の精粗，分析の不充分は覆うべくもないが，ここで一まず以上の結果を，上記の本稿の問題所在に応じて，要約を試みたい。

1～4までの分析を通じて，その随所において北海道菜種作のいくつかの重要な栽培上の特質を指摘してきた。それは次のような点にまとめられよう。

即ち，1) すべてが畑地に栽培されていること，2) 栽培方法が府県に比べて労働粗放であること，3) 品種は洋種で耐寒耐雪性のものが多いということなどである。

北海道の菜種の市場構造や市場関係を捨象して考えれば，一応この3要因が北海道における菜種栽培農家の生産構造を特色づけているものといえる。

先ず(1)についてみれば，すべてが畑作地帯に栽培されているために，府県での水田裏作での栽培とは異つて，麦作に制約されない作付の体系や栽培法をもつている。従つてその競合作物も，府県では水稲――裏作麦から水稲――裏作菜種に代替し，裏作麦との交替によつて栽培が伸びているために，秋播麦類と激しい立地の競合関係にある。

これに反して北海道では，2毛作が殆ど行われず，そのうえ土地の集約的利用という観点から菜種を採り入れられているわけではないから，当然秋播作物を始めとし，春播の一般作物とも競合する。

このような理由にもとづいて，個別農家において菜種の選択は府県に比べ単純なものではない。そうして畑作では作物種類が多く，菜種は経営の基幹作物とならない場合が多い。

(2) の栽培方法の粗放化は，菜種に限らず一般的で，府県に比べて経営規模の大きいことによつて，自家労働力が経営の集約化（特に水田化）の規制的要因となつている場合が多いための適応結果で，このような事情もあつて菜種の反収は従前常に府県よりは劣つていたのが実情で，逆に云えば，このような栽培技術段階にあつたために，他の集約作物との組合せによつて個別農家によつて採り入れられる機会が多かつた訳である。このことは前田村での水田農家の菜種栽培や，北海道開拓当初の栽培面積の増大などによつて，その好例を見出すことができる。

このように畑作は，作物の種類の多いこと，相対的に粗放な栽培が行われていることなどのためそれに加えるに菜種価格の不安定性のために，北海道菜種が長く副次作物としての地位に止まつていたものであろう。

そして個別農家の作付割合も低く，当然この作目からの収入比重は低く，且つ収穫期が8月～9月は農家手持現金の夏枯時のために，その収入は殆どが「小遣銭」的に費消されている。

(3) の耐寒耐雪性の洋種の栽培からは，次のような結果をもたらす。即ち他の地方の菜種に比べてその品質が優れ，含油率の高い原料を供給することとなつて，明治中期以来現在まで北海道菜種に対する国内搾油業者の集荷競争が展開され，またこのような傾向は北海道の食用油脂工業の成立を妨げる要因ともなつているのである。

一方，またこれらの諸特徴と菜種作農家における栽培の私経済事情とからみ合つて，府県菜種作とは多少異つた栽培の技術段階やその私経済的性質を附与している。

当初，菜種という比較的粗放な栽培にあるものが，経営にとり入れられ，且つ永くそこに止まるためには，「経営の集約化」という主流の中にあつては，他作物との補合，補完関係をもたざるを得ないことを述べたが，夏季収入源としての経済的な機能や，農業労働の補合関係などの1，2の事項を除いては，北海道の菜種作は，経営の内部における有機的関連を強くもつている作物ではない。このことは菜種価格の不安定性に強く結びつ

いていて，作付面においても相場による作付増減が割合高く，1作での高い利得を目論む傾向がある。その結果は，本来「地力増進作物」であるものが，現実には「地力収奪作物」として表われている。

つまり，多肥作物である菜種に対する堆厩肥の化学肥料による代替施用の一般的な傾向や，脱粒後の稿稈の利用が，その時期が水稲，馬鈴薯等の収穫労働と競合するなどのために，この地力維持の材料を焼却する場合が，一部主産地に於てさえ行われていることをあげることができる。

引用文献

1) 岩片磯雄（1953）菜種の水田裏作と農家経営，農林統計調査，Vol. 3, No. 11.
2) 古島敏雄（1951）日本農業技術史，P. 120～122.
3) 北海道販売農協連合会（1953）菜種に関する資料，P. 11，P. 16.
4) 山下政信（1954）本邦なたねの市場構造とその変化 農林統計調査，No. 3.
5) 天間　征（1955）北海道の菜種と農業経営，北農，22巻，4号.

Résumé

The diversfication in respect to many crops raised in Japan have shown, with the development in agriculture, that the crops which are less valuable and profitable have decreased, while on the other hand, the intensive crops which are more valuable, and profitable have increased.

That is to say, the growing of cash crops has been increasing in respect to area devoted to them, while self-sufficing crops have been reduced.

In the group of crops concerned with the world market, morever is affected by "comparative costs" in addition to such a trend of extension or reduction.

In fact, a decrease has become clear for such crops as millet, corn and buck-wheat as self-sufficient crops. For such as potatoes, vegetables, tobacco, azuki-beans and soy beans as market crops, these have increased gradually, according to the many censuses of field crops taken in the past half century.

Rape seed is also such a crop that shows a trend of various changes.

Although it is not certain that rape seed will directly relate to the world market, it is very likely to compete in price with soy beans as an oil stuff.

As a result, rape seed raised in Japan may be generelly called "an unstable crop" or "speculatives crop".

The unstability in price will chiefly be explained by a study on the economic conditions of the farm households raising rape seeds.

Firstly, the rape seed in Hokkaido is nearly all sold, in a larger proportion of total volume in comparison with other crops.

This point may be noted by referring to the next table, which shows the percentage of the volume sold for the volume produced per farm household for each crop.

Kind of crops	Percentage
Rape seed …………	82 %
Rice plant …………	61
Barley …………	27
Naked barley ………	41
Wheat …………	44
Barnyard millet ……	20
Proso millet …………	8
Corn …………	26
Buck wheat …………	15
Soy beans …………	31
Azuki beans …………	25
Peas …………	20

Apples	87
Pears	86
Eggplants	45
Tomatoes	61
Cucumbers	40
Potatoes	26

Rape seed may be subject to the influece of the market, because it has depended more strongly upon the marketing than other food stuffs from the farm.

Secondly, there are the competitive relations between rape seed and other crops.

Rape seed as an oil stuff has had some competitors, such as the soy beans produced in Korea and Manchuria before World War II, and American soy beans since the war.

In addition these relations, because of high demand elasticity of the food oil, rape seed crop price tends always to be rising or falling year by year and month by month.

Thirdly, there is a remarkable tendency for all the farmers to sell in haste when rape seed is harvested, without regard to the market price.

Each percentage of sale within three months after their harvesting per total production volume of the main Hokkaido crops per farm household is as follows:

Kind of crops	Percetage
Rape seed	85.8 %
Corn	50.1
Soy beans	71.8
Azuki beans	65.0
Winter wheat	75.5

The above table may indicate that the greater part of the rape seed produced will be sold off at the harvest time.

This trend is due especially to the want of farm funds in the summer season, that is, many farmers in Hokkaido are hard pressed for cash in hand at this season. As they are in urgent need of money, therefore, they are accustomed to hurry to sell off their rape seed, often at a sacrifice..

昭和 30 年 2 月 20 日印刷
昭和 30 年 2 月 25 日発行

北海道農業試験場

岩　橋　周　作
札幌市大通西 9 丁目

岩橋印刷株式会社
札幌市大通西 9 丁目